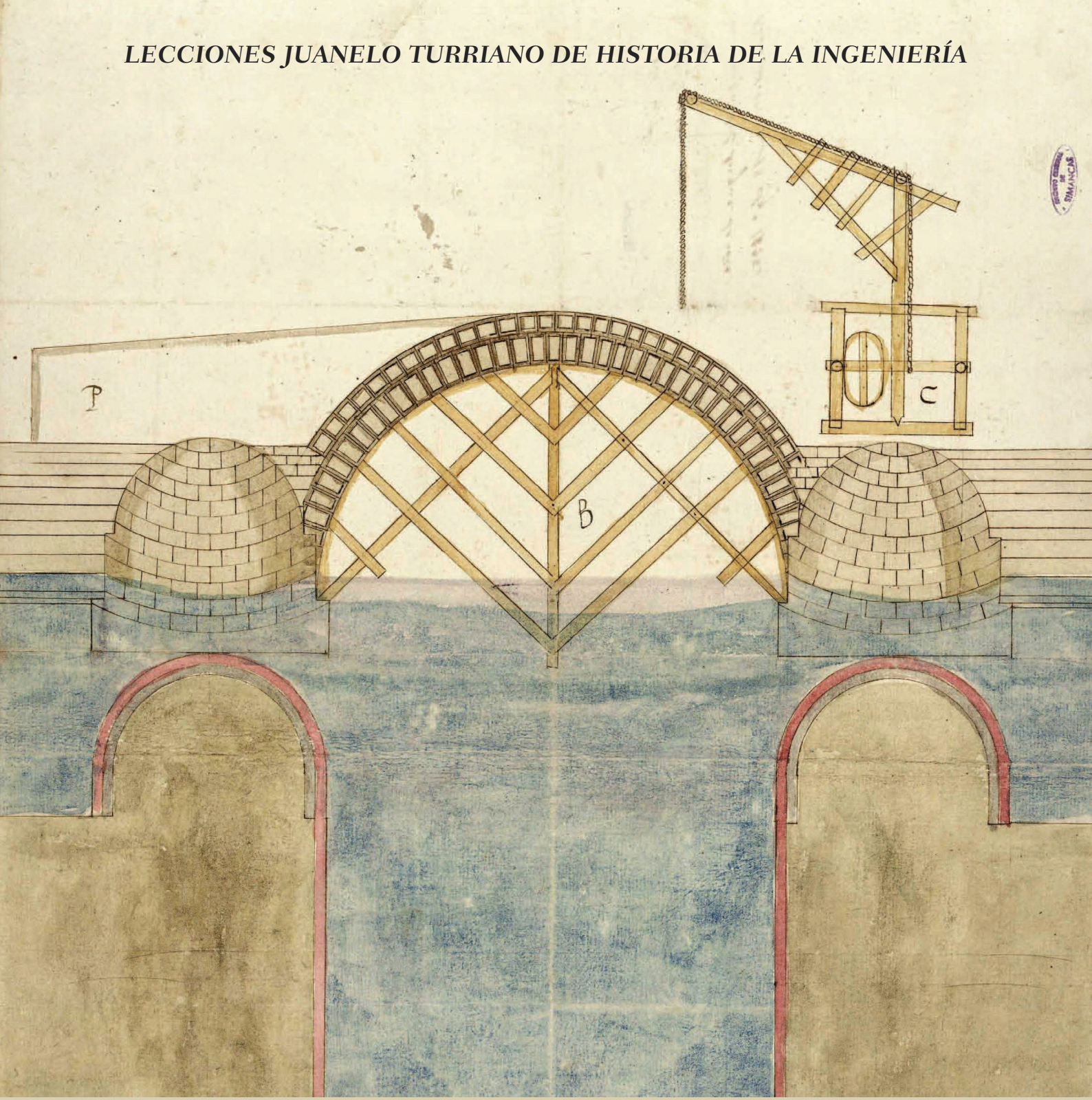
LECCIONES JUANELO TURRIANO DE HISTORIA DE LA INGENIERÍA



Ingenieros del Renacimiento

Alicia Cámara Muñoz y Bernardo Revuelta Pol, coordinadores

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

INGENIEROS DEL RENACIMIENTO

Conferencias impartidas en el curso:
«Ingenieros del Renacimiento», celebrado en Segovia del 15 al 17 de noviembre de 2013
y organizado conjuntamente por la UNED y la Fundación Juanelo Turriano.
Curso coordinado por Alicia Cámara Muñoz y Bernardo Revuelta Pol

Edición 2014

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

UNED SEGOVIA

La Fundación Juanelo Turriano ha realizado todos los esfuerzos posibles por conocer a los propietarios de los derechos de todas las imágenes que aquí aparecen y por conocer los permisos de reproducción necesarios. Si se ha producido alguna omisión inadvertidamente, el propietario de los derechos o su representante puede dirigirse a la Fundación Juanelo Turriano.

Revisión de textos:
Daniel Crespo Delgado

Diseño, maquetación:
Ediciones del Umbral

© De la edición, Fundación Juanelo Turriano
© De los textos, sus autores
© De las fotografías y dibujos, sus autores

ISBN: 978-84-937754-8-3

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

PATRONATO

PRESIDENTE

Victoriano Muñoz Cava

VICEPRESIDENTE

Francisco Javier Goicolea Zala

SECRETARIO

Pedro Navascués Palacio

VOCALES

José Calavera Ruiz

David Fernández-Ordóñez Hernández

José María Goicolea Ruigómez

Fernando Sáenz Ridruejo

José Manuel Sánchez Ron

PRESIDENTE DE HONOR

Francisco Vigueras González

PRESENTACIÓN

Una Fundación que lleva el nombre de Juanelo Turriano, uno de los ingenieros casi míticos del Renacimiento, no podía dejar de publicar entre sus primeras *Lecciones de Historia de la Ingeniería*, un libro dedicado a los ingenieros de ese periodo.

Los ingenieros del Renacimiento levantaron fortificaciones, proyectaron canalizaciones de ríos, idearon ingenios y máquinas, y viajaron describiendo territorios y ciudades mediante la imagen y la palabra. En sus manos estuvo el control y defensa de las fronteras, por lo que fueron unos profesionales imprescindibles para el ejercicio del poder, pero también las comunicaciones o la arquitectura pública: un puente, un camino, el proyecto de una ciudad, una casa para aduana, un puerto… y por supuesto las fortificaciones fueron obra suya.

Se estudian aquí distintas individualidades. Faltan muchos, pero los seleccionados son lo suficientemente representativos de la complejidad de la profesión. En este siglo XVI todavía muy pocos consiguieron alcanzar un grado en la escala militar, lo que se generalizará en el siglo XVII, pero el hecho de que a los ingenieros con título de «ingeniero del rey» en la monarquía española, se les pagara por el ejército, permite hablar de ingenieros militares, siempre que no lo entendamos como algo que les limitara a la ciencia de la guerra, porque también fueron ingenieros para la paz.

Durante la realización del curso en el Centro Asociado de la UNED de Segovia, hubo ocasión de complementar las lecciones, a cargo de destacados especialistas, con la visita al Monasterio de El Parral y a la Casa de la Moneda, uno de esos «ingenios» que enorgulleció a una época en la que se fue gestando la ciencia moderna y en cuya restauración ha participado la Fundación Juanelo Turriano, siempre comprometida con la puesta en valor y la difusión del rico legado de la historia de la técnica y la ingeniería.

ÍNDICE

1
Juanelo Turriano: Ingenio y fama 9
DANIEL CRESPO DELGADO

2
Pedro Luis Escrivá y el primer tratado de fortificación moderna. Nápoles, 1538 25
FERNANDO COBOS-GUERRA

3
De Tartaglia a Lechuga. El ingeniero artillero 53
JUAN LUIS GARCÍA HOURCADE

4
Jerónimo de Ayanz en su cuarto centenario 73
NICOLÁS GARCÍA TAPIA y PEDRO CÁRDABA OLMOS

5
Real Casa de Moneda de Segovia. Hidráulica e Ingenios....95
JOSÉ MARÍA IZAGA REINER y JORGE MIGUEL SOLER VALENCIA

6
Juan Bautista Antonelli: Ingeniero militar y alojador de ejército 113
JOSÉ IGNACIO DE LA TORRE ECHÁVARRI

7
Cristóbal de Rojas. De la cantería a la ingeniería.....135
ALICIA CÁMARA MUÑOZ

OTRAS PUBLICACIONES DE LA FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO.....163

1
Juanelo Turriano: Ingenio y fama

DANIEL CRESPO DELGADO
Fundación Juanelo Turriano

¿Cuál es el destino de un ingeniero sin obras conservadas? ¿de un técnico cuyas invenciones no se han preservado, habiendo sido devoradas por el tiempo y la incuria? Tal es el caso de Juanelo Turriano, nacido en Cremona hacia 1500 y fallecido en Toledo en 1585. Sus principales obras, que despertaron el asombro de sus contemporáneos, no han llegado hasta nosotros. Prácticamente sólo una esfera armilar conservada en Milán –de inscripción reveladora: IANELLUS 1549 MEDIOLANI– y su informe sobre la reforma del calendario gregoriano han sobrevivido al naufragio de su producción[1]. De sus grandes obras nada resta excepto palabras y no siempre precisas.

Las descripciones contemporáneas de sus celebérrimos relojes planetarios realizados para Carlos V –el *reloj grande* y el *cristalino*– así como del artificio de Toledo son vagas o demasiado genéricas en su mayor parte, a veces no son coincidentes y algunas son francamente equívocas. Tampoco han pervivido trazas, dibujos o planos sobre el funcionamiento de dichos artefactos, al margen de un modesto rasguño de principios del siglo XVII sobre las torres de cazos oscilantes del artificio, el mecanismo que permitía elevar el agua del Tajo al Alcázar toledano salvando la impresionante cifra para la época de unos 90 m de desnivel[2]. Las excavaciones arqueológicas en el primer tramo del artificio –promovidas entre 2010 y 2011 por la Fundación Juanelo Turriano– han proporcionado interesantes datos sobre la zona y la reutilización de estructuras anteriores llevada a cabo por Juanelo. Sin embargo, se ha constatado que la compleja historia del lugar, donde se sobrepusieron hasta fecha reciente múltiples aprovechamientos hidráulicos, arrasó con casi todos los testigos materiales del artificio[3]. De hecho, enmarcado entre el puente de Alcántara y los restos del acueducto-sifón romano, este espacio es uno de los privilegiados escenarios de la relación de Toledo con el Tajo, de la ciudad con el agua; un encuentro necesario que ha generado una densa historia reflejada en el carácter superpuesto, labe-

FIG. 1 ABIGAIL AGUIRRE ARAÚJO, *Cristalino*, 2013. Yeso espejuelo.

ríntico y fragmentario de los restos que descansan –entre ellos los del artificio– en una zona hoy olvidada.

Desde los presupuestos de una historia de la técnica, la ingeniería o la ciencia de alientos decimonónicos, basada en la descripción, habitualmente triunfal, del funcionamiento de los artefactos y en la relación de los presuntos avances en dichas disciplinas, el legado de Juanelo Turriano sería algo incierto por ser un legado desaparecido. Además, sus relojes planetarios son una tipología propia del siglo XVI, en decadencia en la centuria siguiente y basados en un sistema tolemaico en trance de periclitar. La solución mecánica del artificio, una tan fascinante como compleja máquina, tampoco constituyó una línea de gran futuro desde una perspectiva ingenieril, más bien fue una vía muerta. A principios del siglo XVII, al menos entre cierto sector de técnicos y oficiales, ya existió una clara conciencia de que existían mecanismos de elevación de agua más eficientes que incluso

llegaron a ensayarse en el propio artificio tras la muerte de Turriano. En su *Libro de instrumentos nuevos de Geometría* (1606), Andrés García de Céspedes afirmó sobre el artificio de Juanelo que «la máquina tiene ingenio, pero es muy violenta y de poca utilidad, y así continuamente es necesario aderezarla»[4].

Sin embargo, el estudio de la obra y la trayectoria de Juanelo –circunscribiéndonos a lo que podemos saber de cierto– conforman un capítulo que puede iluminarnos sobre las contribuciones, procesos y debates que en torno a la técnica y la ciencia se vivieron en el siglo XVI. Es más, en algún aspecto nuestro protagonista constituye uno de los hitos de su época y uno de los ejemplos más significativos para su comprensión. El legado de Juanelo, pues, es un legado vivo y sugestivo más allá de pérdidas e incertidumbres.

VIDA Y OBRA DE UN, ANTE TODO, RELOJERO

De la vida y obra de Juanelo hablamos en la conferencia. Resumirlas aquí sería un tanto vano y más teniendo en cuenta que otros lo han hecho ya, mucho mejor de lo que yo pudiera y en trabajos accesibles a través de la web[5]. Por si esto fuera poco, esperamos que en breve se den a conocer estudios de enjundia y desde una perspectiva moderna sobre Juanelo a cargo de investigadores de la talla de Jesús Sáenz de Miera y Cristiano Zanetti[6]. Se comprenderá entonces que únicamente proporcione unas notas de lo expuesto en la clase sobre la trayectoria de Juanelo.

Juanelo nació en Cremona hacia 1500, ciudad a escasos 75 km de Milán, luego en el epicentro de una Italia sobresaliente, y no sólo en el ámbito reconocido de las letras y las bellas artes. En el siglo XV y en las primeras décadas del XVI, Italia era la región tecnológicamente más desarrollada de Europa[7]. De hecho, cabría estudiar con mayor profundidad las relaciones entre su alto nivel tecnológico y las nuevas sendas artísticas tomadas cuyo resultado se conoce como Renacimiento. En todo caso, nuestra lección se inició de la mano de tres figuras archiconocidas como Brunelleschi (nacido en 1377), Leonardo (en 1452) y Galileo (en 1564), que encarnan, aun su distancia cronológica, la extraordinaria cultura técnica y científica de la Italia en la que Juanelo creció. Bebió de ella Juanelo para acometer sus complejas empresas, que revelan una completa formación (matemática, astronómica, mecánica) que su ciudad natal y su región le pudieron proporcionar, y su familia, de pequeños propietarios, pagar. Sin embargo, aquellos tres grandes nombres también nos permitieron vislumbrar los decisivos fenómenos de redefinición que de la técnica y la ciencia se estaban produciendo en la cultura renacentista. En Italia se podía hacer lo que en otros lugares no se alcanzaba; pero de igual manera se empezaban a considerar de distinto modo ciertas disciplinas y a sus protagonistas.

No fue menos relevante que, en estas décadas, Italia también fuese tablero de juego de las grandes potencias europeas en un mundo que estaba cambiando. La instalación de las monarquías absolutas, el fenómeno político más determinante de la Edad Moderna, estuvo tras el cambio de trayectoria de Juanelo, que pasó de ser relojero en Cremona –donde se formaría, se documentan sus primeros trabajos y se le cita ya en los años 30 como *magister horologiarius*[8]– a servidor de corte, de la corte del monarca que desde la batalla de Pavía (1525) se había convertido en señor de la zona, Carlos V.

Si bien la documentación de los años 40 sobre Turriano también se refiere a su actividad en el campo de la ingeniería, fueron los relojes los que le condujeron a la corte. Hacia mediados de siglo, Carlos V encargó a Juanelo dos relojes planetarios –el denominado *reloj grande* y luego el *cristalino*– que lo situaron en su órbita[9]. Hasta tal punto lo hicieron, que cuando el emperador decidió abdicar en favor de su hijo Felipe II y retirarse al monasterio jerónimo de Yuste en 1556, Juanelo formó parte de la corte de unos 30 sirvientes que le acompañaron [FIG. 2]. Tal y como apuntó Vicente Cárdenas en su día, Carlos V en Yuste «no se privó de nada»: se retiró al monasterio extremeño no como un eremita, trasladándose con bienes de todo tipo (muebles, joyas, tapices, cuadros, libros, vestidos…) y junto a un personal escogido y selecto[10]. Juanelo formó parte de él como relojero, el oficio que le había conferido un lugar en la corte imperial años antes. Ya en 1552, Carlos V había dispuesto se le otorgase un sueldo de 100 ducados anuales por haber realizado el *reloj grande*. Con ello, Juanelo entraba en la nómina regular de la corte, citándosele en el diploma de concesión como *matematicus et inter horologiorum architector*. Precisamente, esta última expresión, la de hacedor o constructor de relojes, es la que aparece en su medalla y en su busto conservado en el Museo de Santa Cruz de Toledo [FIGS. 7 y 8].

La trayectoria de Juanelo en estos años giró preferentemente en torno a los relojes, pero advirtamos que de unos relojes muy particulares. Los primeros relojes mecánicos aparecieron en Europa poco antes de 1300 y se ubicaron sobre todo en espacios públicos como iglesias, ayuntamientos o puertas de entrada a las ciudades[11]. Ciertas innovaciones técnicas, en las que Italia desempeñó un papel decisivo, permitieron hacia 1500 reducir su tamaño, hacerlos compactos y movibles, multiplicándose los hasta la fecha relativamente raros relojes domésticos. En la conferencia mostramos ejemplos de relojes convertidos en objetos cortesanos, de pequeñas dimensiones pero que eran un prodigio técnico, con unos acabados más propios de fastuosos relicarios, y que se encontraban en palacios de medio continente[12]. De hecho, la consideración áulica de los mecanismos e ingenios más refinados tenía una larga tradición, destacando precisamente la corte de Borgoña[13]. Carlos V pudo sentir una especial inclinación hacia los relojes –así lo confirman las fuentes– pero no hay que olvidar que era una moda en la Europa cortesana de la época. En dicha tipología de relojes palaciegos, en proyección en las primeras décadas del siglo XVI, cabría englobar el *reloj grande* –que a pesar su nombre no superaría los 60 cm de altura– o el *cristalino*, algo más pequeño pero de gran riqueza material, con una parte realizada en cristal de roca –de ahí su denominación–, que permitía, en un gesto de manierista exhibicionismo, ver su mecanismo interno.

Más allá de su carácter cortesano, estos artefactos tenían una utilidad que no sólo consistía en dar las horas. Eran relojes planetarios, es decir, mostraban el movimiento de los cuerpos celestes conocidos. A pesar de su reducido tamaño, podían llegar a indicar –como hacía el *reloj grande*– las horas, días del mes, solsticios, festividades religiosas, signos zodiacales y los movimientos de los planetas, el sol y la luna en torno a la Tierra. Marco Girolamo Vida se refirió al *reloj grande* como un segundo universo, un microcosmos al que sólo le faltaba tronar, condensar nubes, provocar lluvias, terremotos o vientos[14]. Los relojes planetarios eran una maravilla técnica, pero de igual modo proporcionaban información de interés para sus exclusivos propietarios. Sin embargo, cabe

FIG. 2 MIGUEL JADRAQUE, *Carlos V en Yuste*, 1877 (Detalle). Óleo sobre lienzo. Museo Nacional del Prado, nº inv. P4826.

recordar que en estos aparatos solían ser más relevantes las indicaciones astronómico-astrológicas que las horarias. Durante la charla analizamos la difusión de las creencias astrológicas en todos los estamentos sociales y culturales de la época; vimos como Cardano o Kepler realizaron horóscopos y nos detuvimos en el extraordinario capítulo de las pinturas astrológicas para mostrar la extendida creencia de que los cuerpos celestes marcaban la vida de los hombres. No le faltaba algo de razón a Savonarola cuando afirmaba que sus contemporáneos creían más en los astros que en Dios[15].

Si se consultaban las esferas celestes para emprender empresas de lo más variadas –hasta se llegó a confeccionar un horóscopo para determinar la hora más conveniente para la colocación de la primera piedra de la reforma de la basílica de San Pedro de Roma– también se hacía para iniciar o seguir tratamientos, teniendo la astrología médica gran prédica en toda Europa. Luego Juanelo no sólo se ocupaba de objetos preciosos material y técnicamente y por ello representativos, ni siquiera de máquinas que fascinaban o entretenían a Carlos V, sino de artefactos vinculados a su salud física y espiritual. Un aspecto nada trivial y mucho menos en los últimos años del emperador o cuando se retiró a Yuste. De hecho, la documentación revela que en la elección y traslado a dicho monasterio jerónimo se inquirió a los astros. Es más, algunas fuentes se refieren, en tanto que cualificado astrónomo, al voto de Juanelo al respecto.

Fallecido Carlos V en Yuste en 1558, Juanelo no retornó a Italia sino que permaneció en España sirviendo a Felipe II. Por mucho que se diga que Turriano no disfrutó con Felipe II de la cercanía gozada con su padre, sus trabajos en este periodo revelan su alta consideración en la corte filipina en materia técnica y científica. El *topos* del genio incomprendido o aislado es atractivo, pero falso en el caso de Juanelo. Nos detuvimos en un hecho que lo manifestaba de manera rotunda: su participación en un asunto científico de primer rango como fue la reforma promovida por el papa Gregorio XIII para adecuar el tiempo astronómico y la fecha del calendario.

En estos años Juanelo desarrolló actividades más allá de las estrictamente relojeras –que continuó ejerciendo– y que revelan el creciente interés por una técnica que, aun sometida a los dictados de la corte, estuvo más ligada a la transformación y adecuación de la naturaleza. Fue consultado en cuestiones de ingeniería civil, especialmente hidráulica, en proyectos de gran envergadura fruto del alto nivel alcanzado por España

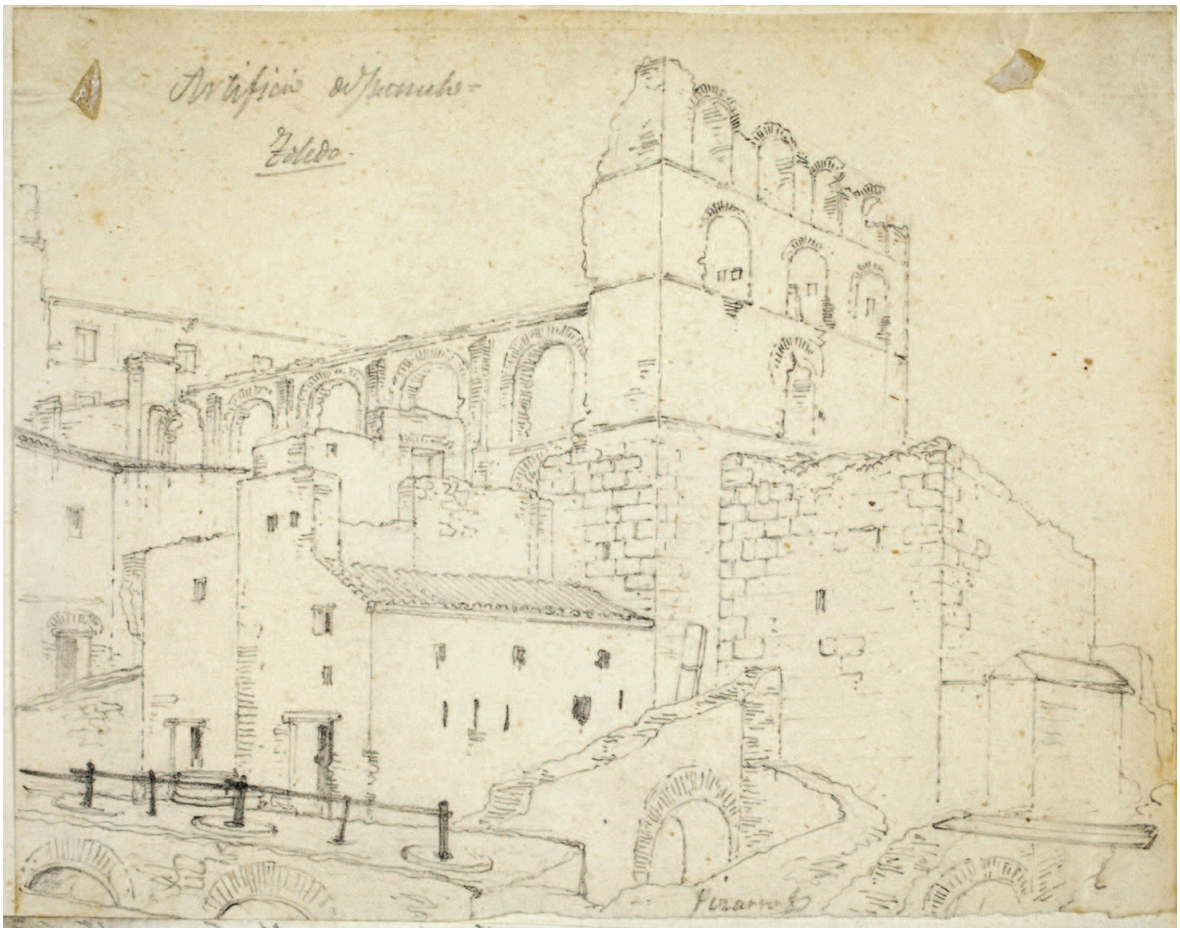


FIG. 3 CECILIO PIZARRO, *Artificio de Juanelo Turriano*, 1840-1857. Dibujo. Museo Nacional del Prado, nº inv. D6404/103-02.

en este ámbito[16]. Pero sobre todo destaca su actividad en la construcción del conocido como artificio de Toledo. Iniciado el primer artificio con la firma del contrato con el rey y la ciudad en 1565, su intrincada historia constructiva no finalizaría hasta 1581, fecha de la conclusión de un segundo ingenio junto al primero [FIGS. 3 y 4]. Cuatro años después, en junio de 1585, Turriano fallecía en Toledo[17].

El artificio, por tanto, fue su última gran obra, aunque también la de mayor renombre de su carrera. Realizar un ingenio para elevar agua del río a la ciudad, salvando un desnivel de unos 90 m con un recorrido aproximado de unos 300, podría parecer ajeno a su trayectoria, pero no es así. Juanelo fue, ante todo, un relojero. Él mismo se autodenominó así. Si bien en la actualidad nos puede saber a poco y podríamos desear un apelativo de mayor prestancia, no habría que olvidar el prestigio y exigencia de la relojería en el siglo XVI, pudiéndose calificar como una de las actividades tecnológicas más complejas de la época. Planetarios como los de Juanelo se contarían entre las máximas expresiones tecnológicas del periodo como sus propios contemporáneos reconocieron. Es más, en un momento anterior a la actual división disciplinaria, con múltiples conexiones entre ámbitos hoy separados y especializados, la labor de relojero desempeñada por Juanelo no fue extraña a sus otras tareas, sino todo lo contrario. Recordemos que ya durante sus primeros años en Cremona, se comprometió a formar a los discípulos que entraban en su taller en el «arte orologij *et similum*» (la cursiva es nuestra)[18].

FIG. 4 EUGÈNE SEVAISTRE, *Alcázar de Toledo y restos del Artificio de Juanelo*, 1857. Fotografía.

Por supuesto, su trabajo como relojero estuvo estrechamente relacionado con los autómatas que las fuentes le atribuyen, en ocasiones cayendo en leyendas habituales en la Europa contemporánea[19]. Pero también lo estuvo con sus empresas ingenieriles. De hecho, no fue el único caso. Sabemos, por ejemplo, que el gran relojero florentino del primer Renacimiento italiano Lorenzo della Volpaia participó en proyectos edilicios y arquitectónicos; en un sentido contrario, Brunelleschi, quien fue protagonista de la primera biografía individualizada dedicada a un arquitecto (entendido también en sentido extenso), fabricó algún reloj y «eso le sirvió de grandísima ayuda para poder imaginar diversas máquinas para transportar, elevar o arrastrar», en palabras del humanista Antonio Manetti[20]. Efectivamente, la relojería suponía la realización de engranajes y mecanismos de transmisión de fuerzas a base de poleas y ruedas, principio básico de la maquinaria renacentista. El artificio, desde un punto de vista mecánico y sin entrar en discusiones sobre su funcionamiento, se asemejaba a un grandioso reloj, tal vez el mayor jamás construido.

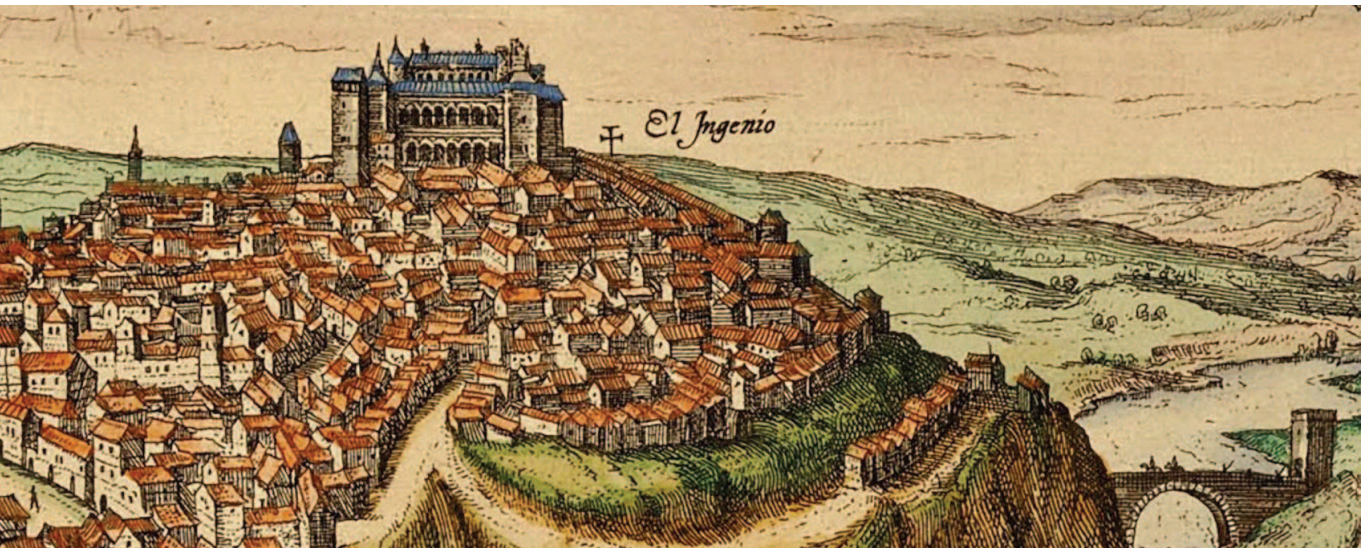
No hace falta decir que la fabricación de relojes planetarios suponía un alto conocimiento matemático y astronómico. Ambrosio de Morales afirmó que Juanelo le comentó que a lo largo de su vida había conocido personas que sabían más astronomía y geometría que él, sin embargo nadie lo superaba en aritmética[21]. El mismo Morales reconoció que tales saberes habían sido fundamentales para realizar su *reloj grande*. Añadiríamos que también lo fueron para las esferas armilares y astrolabios documentados salidos de sus manos. Relojería, matemáticas, astronomía, maquinaria e ingeniería se reunieron en Juanelo, un encuentro en absoluto extraño en un tiempo de permanentes interferencias entre unas disciplinas todavía no tan distantes y de crecientes contactos entre la mecánica y la ciencia, un fenómeno este último reconocido en la base de la Revolución Científica pronta a irrumpir en Europa[22].

INGENIO Y FAMA

Existe un aspecto en el que Juanelo brilla con luz propia, casi deslumbrante, y que no puede considerarse secundario: su fama. En su ámbito profesional, la fama adquirida por Juanelo no tuvo parangón en España y tendría muy pocos paralelos en Europa. Fueron innumerables quienes se refirieron a él y sus obras; el artificio se convirtió en un monumento y Juanelo en un personaje de refrán y de leyenda. Como anotábamos, esto no debe considerarse algo anecdótico pues nos informa sobre la concepción de las máquinas, la tecnología, la ingeniería y sus responsables en la Alta Edad Moderna.

Resulta extraordinaria la nómina de autores, sobre todo españoles e italianos, que contemporáneamente o en las décadas posteriores a su muerte se refirieron a Juanelo, su artificio, relojes o autómatas[23]. Extraordinaria por la cantidad, calidad (entre otros encontramos a Cervantes, Lope de Vega, Gracián, Góngora o Quevedo) y diversidad, pues podemos citar tan distintos tipos de fuentes como corografías, relatos de viajes, crónicas, poesías, novelas, obras de teatro, eruditas o técnicas. Es decir, Juanelo no apareció en un solo género, sino que despertó la atención desde muy heterogéneos ámbitos. Por desgracia, carecemos todavía de un estudio exhaustivo de dichos textos que analice sus no siempre coincidentes motivaciones –es clave en este sentido entender para quién y dónde trabajó Juanelo– la naturaleza de cada una de las fuentes, así como las diferencias –que las hubo– y préstamos entre ellas. Este trabajo proporcionaría un relato insustituible de la construcción de la fama de un ingenio técnico en el Renacimiento.

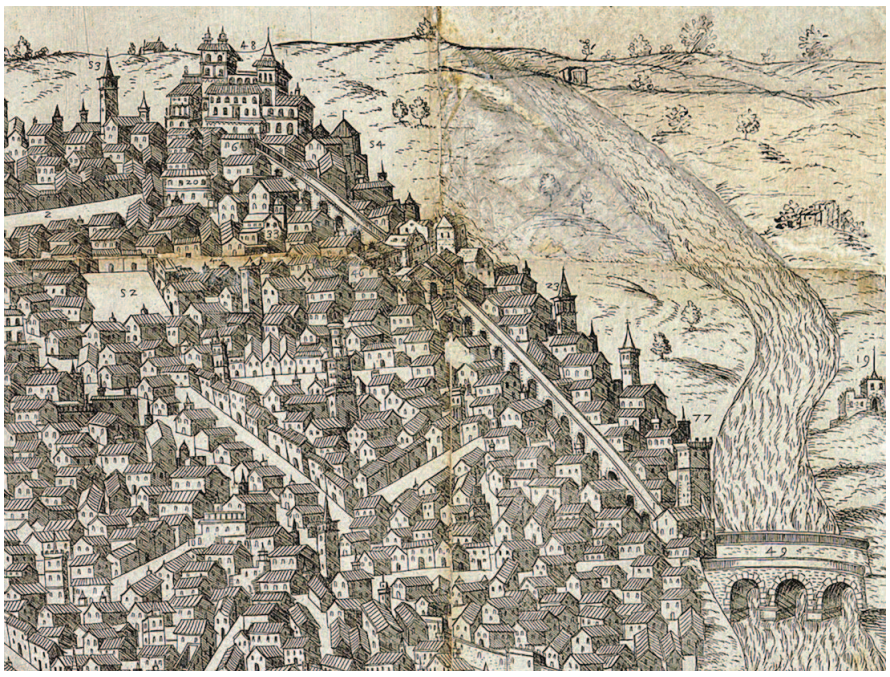
En su *Tesoro de la lengua castellana o española* (1611) Sebastián de Covarrubias puso como ejemplo paradigmático de ingenio –esto es, de las «máquinas inventadas con primor»– el artificio de Juanelo[24]. No hubo máquina en la España de la época que despertase mayor sorpresa e interés, convirtiéndose con rapidez en un atractivo más de una ciudad que no tenía pocos. Quienes pasaron por Toledo mientras el artificio estuvo en pie, lo visitaron o expresaron su voluntad de hacerlo. Morales fue explícito al calificarlo como «una cosa de las más insignes que puede haber en el mundo»[25]. Cronistas de la ciudad y del reino no dudaron en citarlo, aprovechando su prestigio para engrandecer el sujeto del que escribían.



La importancia del artificio en la cartografía urbana y representativa de Toledo también se reflejó en las vistas realizadas de la capital castellana, en especial en el grabado de Ambrosio Brambilla de 1585 y en la panorámica aparecida en el volumen V (1598) del *Civitates Orbis Terrarum*, donde se destacó su presencia en el entramado de la ciudad [FIGS. 5 y 6][26].

A principios del siglo XVII, hubo cierto consenso entre los técnicos sobre que el artificio era demasiado complejo y caro de mantener, existiendo alternativas más eficientes. De hecho, surgió una corriente que dudó de su utilidad[27]. Sin embargo, esto no hizo que la admiración menguase, incluso la administración real barajó conservarlo como ornato de la ciudad, arguyéndose la «grande lástima de ver que se pierda tan gran máquina y gran demostración de ingenio». La familia de Juanelo, encargada en los años posteriores a su muerte de la conservación del artificio, llegó a plantear cobrar por mostrarlo[28].

Arriba:
FIG. 5 Detalle de la vista de Toledo, aparecida en el vol. V (1598) del *Civitates Orbis Terrarum*.



Derecha:
FIG. 5 Detalle de la vista de Toledo (1585) de AMBROGIO BRAMBILLA.

Juanelo también gozó de una fama excepcional; se dijo que era un segundo Arquímedes, un nuevo Dédalo[29]. Su nombre, cuyo eco resonó durante tiempo en las letras, acabó convirtiéndose en sinónimo de ingenioso y así *Los* celebérrimos *Veinte y un Libros de los Yngenios, y Maquinas de Iuanelo*, una obra fundamental de la tratadística técnica e hidráulica española, se intitularon de ese modo no porque fuesen invención de Juanelo, sino para recalcar que versaban sobre máquinas de gran artificio[30]. Turriano acabó pasando a la cultura popular y se convirtió, en acertada expresión de Miguel Herrero, en «personaje de refrán»[31]. Un par de ejemplos: en México, el huevo de Colón ha sido de Juanelo y en ciertos lugares de España se denominó juanelos a los ingeniosos, hábiles y resolutivos.

Un capítulo especialmente notable vinculado a la fama de Juanelo es el de su representación. De nuevo nos encontramos ante un aspecto merecedor de mayores atenciones[32]. Más allá de algunas atribuciones poco sólidas, se conservan dos seguros retratos pictóricos de Turriano: el primero, en el Museo Civico «Ala Ponzone» de Cremona, fue donado en 1587 a la ciudad por un prócer de la misma, el senador Danese Filiodoni, motivando una respuesta entusiasta de las autoridades municipales al recibirlo por poder contar con la efigie de un «miracolo veramente di questa città et unico honore dell'arte sua». El segundo retrato se realizó en el primer tercio del siglo XVII para una galería de hombres ilustres destinada al monasterio de San Lorenzo del Escorial, donde todavía hoy se encuentra. Tenemos constancia documental de otros retratos. El profesor David García López nos informó sobre uno, de mano seguramente de Juan van der Hamen, en otra galería de este tipo del marqués de Leganés[33]. Parece ser que el conde de los Arcos, Pedro Laso de la Vega, también tenía una efigie de Juanelo, obra de Felipe de Liaño[34]. Y no acaba aquí: a través del inventario realizado a su muerte, sabemos que Juan de Herrera, el arquitecto más influyente de la España de Felipe II, poseía uno. Las fuentes se refieren de igual modo a un retrato que el prestigioso pintor Bernardino Campi haría de Turriano antes de que este partiese hacia España. Desconocemos hasta la fecha las posibles vinculaciones entre estas obras, pero resulta revelador de la consideración hacia Juanelo que Campi le pintase un retrato, que lo encontremos en diversos inventarios de la élite social, artística y cultural y que tras el fallecimiento de Turriano tanto en Cremona como en España se encargase su efigie.

También ha llegado hasta nuestros días una medalla de Juanelo –con su retrato en el anverso y la denominada fuente de las Ciencias en su reverso– realizada durante su vida [FIG. 7]. Tras haberse relacionado con el artificio, se ha propuesto no sin criterio que se fundió para conmemorar la finalización del *reloj grande*, seguramente por su amigo y colaborador Jacopo da Trezzo, quien, por cierto, acabó trabajando en España para Felipe II[35]. Parece obligada la relación de esta medalla con la efigie que Morales dijo se encontraba en dicho reloj con la inscripción, no menos elocuente, QUI. SIM. SCIES. SI. PAR. OPUS. FACERE. CONABERIS [«Entenderás quien soy, si acometieres hacer otra obra igual que ésta»][36]. Recordemos que estas medallas no tenían valor pecuniario sino únicamente conmemorativo y honorífico. Puede constatarse en un autorretrato del pintor italiano Federico Zuccaro, ataviado con una gruesa cadena de oro de la que penden medallas de sus principales comitentes como signo de su reconocimiento. Anotemos que Zuccaro también se trasladó a España, estuvo a las órdenes de Felipe II y en un viaje que hizo a Toledo quedó sorprendido por el artificio, describiéndolo en una carta fechada en 1586[37].

FIG. 7 JACOPO DA TREZZO (atrib.), *Ianellvs Tvrrian. Cremon. Horolog. Architect.* (anverso); *Virtus Nvnq: Deficit* (reverso). Medalla en bronce, *ca.* 1550.

Siendo sobre todo objetos realizados en el entorno cortesano, los más representados en estas medallas son los monarcas, la familia real y altos dignatarios del Estado. No obstante, aparecieron progresivamente eruditos, hombres de cultura o artistas que gozaron de fama y de la protección de un poderoso comitente que solía ser quien encargaba estas piezas. Sin ir más lejos, contamos con medallas de Cardano, Campi, Trezzo, Zuccaro o Herrera, por citar personajes aparecidos en estas líneas. Luego medallas como la de Juanelo no fueron únicas pero sí bastante raras, reducidas a un estrecho y privilegiado círculo como demostraría que sólo se conserve una –la de Herrera– de un artista o arquitecto español del siglo XVI. No parece casual: Herrera, del que existe una estampa alegórica ideada por Otto Venius y grabada por Pedro Perret, dejó pruebas de su orgullo profesional poco habituales entre los artistas españoles y mucho menos en los anteriores al reinado de Felipe II[38].

Pero la obra absolutamente excepcional de la retratística de Juanelo es su busto exento en mármol, algo mayor que el natural, conservado en el Museo de Santa Cruz de Toledo [FIG. 8]. Es una obra única y fascinante. Se ha propuesto como su autor a Berruguete, Monegro, Trezzo y a Pompeyo Leoni entre otros, lo que revela la reconocida calidad de su talla. No sabemos quién la encargó, cuándo ni con qué intención. Sin embargo, existen indicios para pensar que fuera un encargo del mismo Juanelo y que se encontraba en el artificio. En sus *Antigüedades de las ciudades España* (1575) Morales anotó que Juanelo tenía la intención de colocar una «estatua» suya en el artificio con la inscripción VIRTUS NUNQUAM QUIESCIT, que el mismo Morales tradujo por «La fuerza de un grande ingenio nunca puede sosegar»[39]. En nuestro ciclo de conferencias admiramos la inscripción laudatoria de Pedro Luis Escrivá a la entrada de su magna edificación del castillo de San Telmo en Nápoles. No obstante, la inclusión de un retrato exento de notables dimensiones del autor en una construcción del carácter y naturaleza del artificio, supondría una exaltación plástica del ingenio con pocos ejemplos similares en la Europa renacentista.

La propia ejecución de un busto exento, una tipología escultórica de aliento imperial, dedicado a un miembro del ámbito profesional de Juanelo es inaudita. Contamos con retratos de relojeros-astrónomos del siglo XVI tan interesantes como la pintura de Hans Hol-

FIG. 8 *Busto de Juanelo*. Fotografía de JEAN LAURENT, 1860-1886.

bein el Joven de Nicolaus Kratzer[40], pero incluso si ampliamos nuestro abanico e incluimos grupos cuya consideración social ascendió en esta época y se retrataron con insistencia como fueron los artistas, resulta difícil dar con otros ejemplos de bustos exentos de entidad. Citaremos, aun no siendo exactamente un busto, el tondo de Brunelleschi de Andrea Cavalcanti y, por supuesto, el de un personaje de inconmensurable prestigio, símbolo para muchos otros artistas y que orquestó una bien dirigida publicidad sobre su merecida gloria: nos referimos al busto de Miguel Ángel realizado entre 1564-1566 por Daniele da Volterra[41]. Los paralelos son significativos de la importancia del retrato escultórico de Turriano.

Resulta sugestivo incluir a Juanelo entre el grupo de artistas originarios o procedentes de Italia como Trezzo, Leoni, Zuccaro, Herrera o incluso El Greco, quienes mostraron una autoestima por su profesión y aptitudes inédita en España. La corte, El Escorial, pero también Toledo serían los escenarios privilegiados de la manifestación de estas nuevas corrientes. Juanelo no sólo fue o se hizo retratar, sino que múltiples fuentes desvelan su vivo deseo por el reconocimiento de su ingenio. El testimonio de Ambrosio de Morales es de gran interés por las noticias aportadas –entre ellas inscripciones bastante reveladoras y que hemos citado– pero también por la admiración que este erudito le profesó por su capacidad para realizar máquinas asombrosas. En las líneas que le dedica en sus *Antigüedades* se percibe tanto su fascinación por el genio creador de Juanelo, como el orgullo de

este por el entusiasmo del prestigioso cronista. Otra personalidad cultural de enjundia de la España de Felipe II, Esteban de Garibay, asistió al entierro de Turriano lamentando el poco acompañamiento que se le tributó a pesar de merecerlo «tan célebre varón» y «de grandes méritos». El cronista Garibay llegó a tratarlo en vida, anotando haberle enviado la historia latina de Guglielmo Zenocaro donde se citaba su *reloj grande*[42]. Sabemos que Juan de Herrera tenía a su muerte, acaecida en 1597, un manuscrito con elogios a los planetarios de su amigo Juanelo[43]. Esta recopilación tal vez la ordenase el propio Juanelo o tuviese una muy parecida, como recordatorio de una tan costosa como perseguida fama.

Todas las referencias hasta aquí desgranadas a las producciones de Juanelo y a él mismo, testimonian la fascinación por la máquina y las capacidades del hombre en un momento histórico de especial trascendencia. Si bien la Alta Edad Moderna se ha calificado en ocasiones como paleotecnológica o preindustrial, pues es anterior a la irrupción de la máquina de vapor y la dinamo eléctrica, esto no significa que la máquina estuviese ausente del paisaje de los hombres; todo lo contrario, no sólo su presencia era creciente –como testimonian la documentación, la literatura o las representaciones del territorio contemporáneas– sino que se reconocía cada vez con mayor insistencia y convencimiento su potencialidad para transformar la realidad[44]. Los ingenios y las obras producidas por el hombre resultaban cada vez más complejas y de resultados más sorprendentes. Durante el Renacimiento se multiplicaron las declaraciones alabando los nuevos inventos y hallazgos que estaban cambiando el mundo, como la imprenta, la artillería, el telescopio, la brújula o los relojes, por no hablar de las tierras y rutas recién descubiertas[45].

Juanelo y sus ingenios no fueron los únicos en ser admirados –fue muy interesante ver en las conferencias de nuestro ciclo las alabanzas coetáneas a Jerónimo de Ayanz o los poemas dedicados a la navegación del Tajo– pero el conjunto de sus referencias forman un todo sin parangón en la España renacentista. Aun las censuras desde ciertas corrientes, Juanelo se comparó a los más prestigiosos inventores de la Antigüedad, incluso según algunos los había superado; se dijo que sus relojes reproducían el microcosmos hasta llegar a situar a su autor en el lugar más cercano posible al Creador; sus autómatas conseguían reproducir los movimientos de los hombres y los animales; sus máquinas izaban en vuelo mágico las aguas. De hecho, estas máquinas, o mejor dicho, máquinas como estas contribuyeron a crear un paradigma de comprensión del universo como mecanismo, que estuvo en la base de la filosofía que amparó la Revolución Científica.

El siglo XVI, el siglo de Juanelo, supuso por tanto un momento en el que se perfilaron ideas claves de la percepción de la máquina y sus autores en la modernidad. El análisis de la evolución de este discurso, incidiendo en sus rasgos comunes y diferencias según las épocas, aún no ha sido trazado en España a pesar de su trascendencia para una sociedad tecnológica como la nuestra. Si se acometiese, Juanelo sería un hito ineludible bajo muchos puntos de vista. Con esta idea llegamos al final de nuestro recorrido, que cualquier lector habrá detectado no se ha propuesto resumir la vida y obra de Juanelo. Ya dijimos que eso se había hecho y además muy correctamente. El objetivo de estas líneas ha sido mostrar que si bien la mayor parte de su producción se ha perdido, el legado de Juanelo, sin necesidad de revivir con frágil exactitud el funcionamiento de sus máquinas, no sólo está vivo sino que presenta un seguro futuro, proporcionando argumentos para emprender reflexiones y trabajos todavía inconclusos o no realizados.

NOTAS

1. J. A. GARCÍA-DIEGO: *Los relojes y autómatas de Juanelo Turriano*. Madrid-Valencia, Albatros, 1982; J. TURRIANO: *Breve discurso a Su Majestad el rey católico en torno a la reducción del año y reforma del calendario*. Madrid, Castalia-Fundación Juanelo Turriano, 1990. Introducción de J. A. GARCÍA-DIEGO. Análisis por J. M. GONZÁLEZ ABOIN; M. COMES: *Historia de la esfera armilar. Su desarrollo en las diferentes culturas*. Madrid-Barcelona, Fundación Juanelo Turriano-Universitat de Barcelona, 2012.
2. M. SEVERIM DE FARIA: *Peregrinação de Balthazar de Faria Seuerim, Chantre de Euora, ao Mosteiro de Guadalupe, no anno de 1604*. Biblioteca Nacional de Portugal, Fundo Geral, Cód. 7642, ff. 118r-119v. Este interesante relato de viaje se dio a conocer, transcribió y tradujo en: Á. MARCO DE DIOS: «Itinerario hispánico del Chantre de Évora, Manuel Severim de Faria, en 1604», *Revista de Estudios Extremeños*, tomo XLII, nº 1, enero-abril 1986, pp. 139-187. Aparece comentado en: J. PORRES MARTÍN-CLETO: «Nuevas noticias sobre el artificio de Juanelo», *Anales Toledanos*, nº XXXV, 1998, pp. 113-126.
3. J. M. ROJAS RODRÍGUEZ-MALO y A. VICENTE NAVARRO: *El Artificio de Juanelo a partir del estudio arqueológico* (en prensa). Los completos informes arquitectónico-arqueológicos de la excavación, dirigida por Juan Manuel Rojas, se encuentran en la Fundación Juanelo Turriano. Sobre la voladura de los últimos restos del artificio en el siglo XIX: D. CRESPO DELGADO: «Un episodio de la historia de la conservación del patrimonio tecnológico en España. La destrucción del artificio de Juanelo en 1868»; en *Fundación Juanelo Turriano 1987-2012. 25 años*. Madrid, Fundación Juanelo Turriano, 2012, pp. 57-67.
4. A. GARCÍA DE CÉSPEDES: *Libro de instrumentos nuevos de Geometria… demás de esto se ponen otros tratados, como es uno de conducir aguas y otro una question de artilleria*. Madrid, J. de la Cuesta, 1606, p. 40.
5. Por ejemplo: B. REVUELTA POL y D. ROMERO MUÑOZ: «Juanelo Turriano. Relojero e ingeniero cremonés», en *Realismo y espiritualidad. Campi, Anguissola, Caravaggio y otros artistas cremoneses y españoles en los siglos XVI-XVIII*. Valencia, Ajuntament d'Alaquàs, 2007, pp. 73-83. Este artículo puede consultarse y descargarse desde la página web de la Fundación Juanelo Turriano. Por supuesto sigue siendo imprescindible para trazar la trayectoria de Juanelo: L. CERVERA VERA, *Documentos biográficos de Juanelo Turriano*. Madrid, Fundación Juanelo Turriano, 1996. Si bien centrándose en su etapa italiana, véase igualmente, M. VIGANÒ: «*Parente et alievo del già messer Janello*. Primeras notas sobre Bernardo y Leonardo Turriano», en A. CÁMARA (ed.): *Leonardo Turriano, ingeniero del rey*. Madrid, Fundación Juanelo Turriano, 2010, pp. 203-227.
6. Con una amplia trayectoria investigadora a sus espaldas, Sáenz de Miera es uno de los principales y más preclaros expertos en Felipe II y su corte; Zanetti defendió en 2012 su tesis *Janello Torriani (Cremona 1500 ca.-Toledo 1585): a Social History of Invention between Renaissance and Scientific Revolution* en la prestigiosa European University de Florencia, obteniendo las máximas calificaciones. Ambos participaron en el reciente simposio de ICOHTEC celebrado en 2012 en Barcelona con sendas comunicaciones sobre Juanelo, en una mesa organizada por la Fundación Juanelo Turriano. De la confiamos que pronta publicación de sus trabajos esperamos un renovado Juanelo, mejor comprendido y contextualizado, tanto en su etapa italiana como española.
7. Por ejemplo: C. SINGER *et al.*: *A History of Technology. Vol. II y III*. Oxford, Clarendon Press, 1957. Resulta imprescindible para la cultura ingenieril italiana del Renacimiento: P. GALLUZZI, *Gli ingegneri del Rinascimento. Da Brunelleschi a Leonardo da Vinci*. Florencia, Giunti, 1996.
8. R. BARBISOTTI: «Janello Torresani, alcuni documenti cremonesi e il *baptismum* del battistero», *Bolletino Storico Cremonese*, nº VII, 2000, pp. 255-268.
9. S. LEYDI: «Un cremonese del Cinquecento *aspecto informis sed ingenio clarus*: qualche precisazioni per Giannello Torriani a Milano (con una nota sui suoi ritratti)», *Bollettino Storico Cremonese*, nº IV, 1997, pp. 127-156.
10. V. DE CADENAS VICENT: *Hacienda de Carlos V al fallecer en Yuste*. Madrid, Hidalguía, 1985; J. SÁENZ DE MIERA: «*Ecce elongavi fugiens, et mansi in solitudine*. The Emperor´s retreat from public life», en *Carolus*, Madrid, Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, 2000, pp. 157-172.
11. C. CIPOLLA: *Las máquinas del tiempo*. Barcelona, Crítica, 2010; O. MAYR: *Autoridad, libertad y maquinaria automática en la primera modernidad europea*. Barcelona, Acantilado, 2012.
12. *Galileo. Immagini dell 'universo dall' antichità al telescopio*. Florencia, Giunti, 2009.
13. D. DAMLER: «The modern wonder and its enemies: courtly innovations in the Spanish Renaissance», en *Philiosphies of Tecnology. Francis Bacon and his contemporaries*. Leiden-Boston, Brill, 2008, pp. 429-455.
14. M. G. VIDA: *Cremonensivm Orationes III. Adversvs Papienses in Controversia Principatvs*. Cremona, G. Muzio y B. Locheta, 1550, ff. 53r-57r.
15. P. ZAMBELLI: *Astrology and magic from the Medieval Latin and Islamic World to Renaissance Europe*. Farnham, Ashgate, 2012; M. QUINLAN-McGRATH: *Influences. Art, Optics, and Astrology in the Italian Renaissance*. Chicago, Chicago University Press, 2013.
16. N. GARCÍA TAPIA: *Ingeniería y arquitectura en el Renacimiento español*. Valladolid, Universidad de Valladolid, 1990.
17. La historia y el funcionamiento del artificio se han expuesto en: L. RETI: «El artificio de Juanelo en Toledo: su historia y su técnica», *Provincia*, nº 60, 1967, pp. 3-46; J. PORRES MARTÍN-CLETO: «El artificio de Juanelo en 1639», *Anales Toledanos*, vol. XIV, 1982, pp. 175-186; I. GONZÁLEZ TASCÓN: *Fábricas hidráulicas españolas*. Madrid, MOPU, 1987, pp. 469-474; N. GARCÍA TAPIA: «Nuevos datos técnicos sobre los artificios de Juanelo», *Anales Toledanos*, vol. XXIV, 1987, pp. 141-159; GARCÍA TAPIA: *Ingeniería..., op. cit.*; M. G. DEL RÍO CIDONCHA, J. MARTÍNEZ PALACIOS, L. GONZÁLEZ CONDE: «El ingenio mecánico de Torriani para el abastecimiento de agua a Toledo», en *Ingeniería hidráulica en México*, vol. XXIII, nº 2, 2008, pp. 33-44; F. X. JUFRE GARCÍA: *El artificio de Juanelo Turriano para elevar agua al Alcázar de Toledo (siglo XVI). Modelo con escaleras de Valturio*. Lérida, Milenio-Fundación Juanelo Turriano, 2009; Á. MORENO SANTIAGO: «El Artificio de Juanelo Turriano en Toledo», en *Una mirada a nuestro patrimonio industrial*. Madrid, Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid-Fundación Juanelo Turriano, 2010, pp. 83-97. La Fundación Juanelo Turriano, bajo la atenta y eficaz supervisión del ingeniero Ángel Moreno, acaba de realizar una animación en 3D del funcionamiento del artificio que puede ser consultada a través de su página web.
18. BARBISOTTI, *op. cit.*, pp. 262-263.

19. A. ARACIL: *Juego y artificio. Autómatas y otras ficciones en la cultura del Renacimiento a la Ilustración*. Madrid, Cátedra, 1998.
20. A. MANETTI: *Vita di Filippo Brunelleschi*. Milán, Polifilo, 1976, p. 66. Edición de D. DE ROBERTIS; introducción y notas de G. TANTURLI.
21. A. DE MORALES: *Las Antigüedades de las Ciudades de España*. Alcalá de Henares, Juan Íñiguez de Lequerica, 1575, ff. 90v-94r.
22. P. ROSSI: *Los filósofos y las máquinas, 1400-1700*. Barcelona, Labor, 1970.
23. La compilación más extensa publicada hasta el momento, si bien centrada en el artificio, sigue siendo la de J. C. SÁNCHEZ MAYENDÍA: «El artificio de Juanelo en la literatura española», *Cuadernos Hispanoamericanos*, nº 103, 1958, pp. 73-93.
24. S. DE COVARRUBIAS OROZCO: *Tesoro de la Lengua Castellana, o Española*. Madrid, Luis Sánchez, 1611, p. 504v.
25. MORALES, *op. cit.*, f. 90v.
26. L. MORENO NIETO y Á. MORENO NIETO: *Juanelo y su Artificio. Antología*. Toledo, db ediciones, 2006.
27. DAMLER, *op. cit*.
28. GARCÍA TAPIA, *Ingeniería..., op. cit.*, pp. 278 y 280.
29. Estas comparaciones fueron habituales en la literatura renacentista: A. CÁMARA MUÑOZ: «De ingeniosas comparaciones: la mirada del Renacimiento», en A. CÁMARA MUÑOZ y B. REVUELTA POL (coord.): *Ingeniería Romana*. Madrid, Fundación Juanelo Turriano, 2013, pp. 117-139.
30. N. GARCÍA TAPIA y J. CARRILLO CASTILLO: *Turriano, Lastanosa, Herrera, Ayanz. Tecnología e Imperio. Ingenios y leyendas del Siglo de Oro*. Valencia, Nivola, 2002.
31. M. HERRERO GARCÍA: *Ideas de los españoles del siglo XVII*. Madrid, Editorial Voluntad S.A., 1928.
32. Á. DEL CAMPO FRANCÉS: *Semblanza iconográfica de Juanelo Turriano*. Madrid, Fundación Juanelo Turriano, 1997; LEYDI, *op. cit.*; *Realismo..., op. cit*.
33. W. B. JORDAN: *Juan van der Hamen y León y la corte de Madrid*. Madrid, Patrimonio Nacional, 2006; J. J. PÉREZ PRECIADO: *El marqués de Leganés y las artes*. Madrid, tesis doctoral presentada en la Universidad Complutense de Madrid, 2008.
34. R. L. KAGAN: «The Count of Los Arcos as Collector and Patron of El Greco», en *El Greco of Crete. Proceedings of the International Symposium: Iraklion, Crete*, 1990, pp. 325-39.
35. J. BABELON: *Jacopo da Trezzo et la construction de L'Escurial. Essai sur les arts a la cour de Philipe II, 1519-1589*. Burdeos-París, École des Hautes Études Hispaniques, 1922.
36. La traducción también es de Morales: MORALES, *op. cit.*, f. 93v.
37. Consideró el artificio una de «le tre cose notabile» de Toledo junto a su catedral y el alcázar. J. DOMÍNGUEZ BORDONA: «Federico Zúccaro en España», *Archivo Español de Arte y Arqueología*, nº 7, 1927, pp. 77-89.
38. A. RODRÍGUEZ DE CEBALLOS: «Le medaglie spagnole di Leone Leoni e della sua cerchia: forma, clientela e iconografia», en *Leone Leoni tra Lombardia e Spagna*. Milán, 1995, pp. 87-95; F. CHECA CREMADES: *Felipe II, mecenas de las artes*. Madrid, Nerea, 1993; J. PORTÚS PÉREZ: «Alegoría de Juan de Herrera», en *Felipe II. Un monarca y su época. Las tierras y los hombres del rey*. Madrid, Sociedad para la Conmemoración de los Centenarios de Carlos V y Felipe II, 1998, p. 320.
39. MORALES, *op. cit.*, f. 92r. Esta inscripción sería por tanto muy similar a la del reverso de su medalla, VIRTUS NUNQ. DEFICIT.
40. J. D. NORTH: «Nicolaus Kratzer: the king's astronomer», en *Science and history: studies in honor of Edward Rosen*. Varsovia, Polish Academy of Science Press, 1978, pp. 205-234.
41. De Miguel Ángel también se realizaron dos retratos pictóricos por Giuliano Bugiardini y Jacopino del Conte y una medalla (1561) a cargo de Leone Leoni. Sobre estos retratos y la compleja historia del busto (o bustos) de Volterra: P. RAGIONERI: *Michelangelo tra Firenze e Roma*. Roma, Mandragora, 2003. Para la construcción de la fama de Miguel Ángel: D. GARCÍA LÓPEZ: «Miguel Ángel, entre mito y biografía», en A. CONDIVI: *Vida de Miguel Ángel Buonarroti*. Madrid, Akal, 2007, pp. 5-32.
42. E. DE GARIBAY Y ZAMALLOA: «Memorias de Garibay», en *Memorial histórico español: coleccion de documentos, opúsculos y antigüedades, que publica la Real Academia de la Historia. Tomo VII*. Madrid, Imprenta de José Rodríguez, 1854, pp. 420-421. Garibay se refería a: W. SNOUCKAERT VAN SCHAUWENBURG: *De Repvblica, Vita, Moribvs, gestis, fama, religione, sactitate: Imperatoris, Cæsaris, Augusti, Quinti, Caroli, Maximi, Monarchæ*. Gante, Gislenus Manilius, 1559. La referencia a Juanelo en la obra de Zenocaro se encuentra en p. 203.
43. En concreto, un «quaderno de dibersos epigramas en alabanza del relox de Juanelo». L. CERVERA VERA: *Inventario de los bienes de Juan de Herrera*. Valencia, Albatros Ediciones, 1977. La amistad de Juanelo con Herrera queda probada por lo acontecido durante la estancia del arquitecto en Toledo en 1575: L. CERVERA VERA: *Años del primer matrimonio de Juan de Herrera*. Valencia, Albatros Ediciones, 1985.
44. J. SAWDAYW *Engines of the Imagination. Renaissance culture and the rise of the machine*. Londres-Nueva York, Routledge, 2007.
45. ROSSI, *op. cit*.

Volver al índice

2
Pedro Luis Escrivá y el primer tratado de fortificación moderna
Nápoles, 1538

FERNANDO COBOS-GUERRA
Arquitecto, ICOMOS/ICOFORT

Cuando pensamos en los ingenieros del Renacimiento de la monarquía hispánica, asumimos automáticamente la creencia de que los ingenieros renacentistas eran básicamente italianos, tanto en Italia como en España. Ignoramos, casi siempre, la presencia de importantes ingenieros de origen español, no sólo en España, sino también en los dominios españoles de Italia. La razón de esto hay que buscarla en una muy descompensada historiografía que arranca de los estudios de Carlo Promis[1] y otros investigadores italianos sobre los ingenieros renacentistas, que de forma sistemática se centraron en los ingenieros italianos ignorando a los ingenieros españoles que trabajaban en Italia, y en los ensayos de Andrea Maggiorotti[2] sobre los ingenieros italianos en el extranjero, que se convirtió, durante años, en la mayor fuente de noticias de la labor de los ingenieros en España. Los trabajos de estos investigadores italianos estaban fuertemente teñidos por el sentimiento nacionalista de la época en que fueron escritos, y su reivindicación del «genio» italiano les llevó a ignorar que la mayor parte de los ingenieros italianos que sirvieron a la Corona española eran súbditos de la monarquía hispánica (priorizaron el interés en ingenieros del norte de Italia[3]) y cuando se encontraron un ingeniero español trabajando en Italia, o lo italianizaron (el «commendatore San Martino» que diseña las fortificaciones del Papa Borgia) o lo convirtieron en un discípulo de la Escuela italiana. El caso es que de los ingenieros españoles fuera de España no se habían ocupado ni los historiadores españoles ni los extranjeros con la misma intensidad que los estudios realizados sobre los italianos, aparte de algunos de los trabajos de historiadores militares del siglo XIX y principios del XX[4] cuya continuación en fechas posteriores había sido muy escasa, en parte por el poco desarrollo de esta disciplina y el consiguiente papanatismo de la mayoría de los medios universitarios españoles[5]. Hoy sabemos que realmente la monarquía hispánica destinaba a sus mejores ingenieros allí donde más los necesitaba (Italia y Flandes, normalmente) con independen-

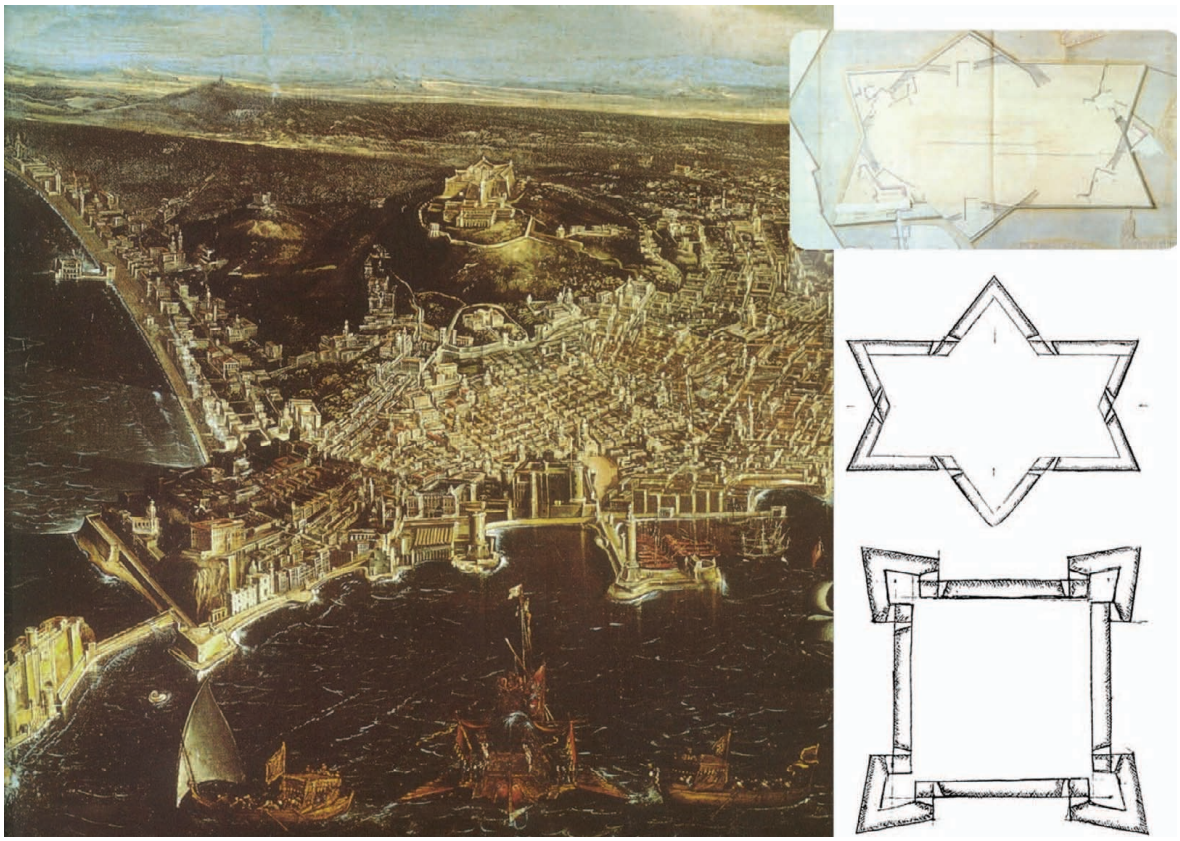


FIG. 1 Izquierda: DIDIER BARRA, *Vista de Nápoles*, 1647. Derecha, de arriba a abajo, planta del siglo XVIII del castillo de San Telmo de Nápoles y esquemas de planta estrellada y cuadrangular en la *Apología* de PEDRO LUIS ESCRIVÁ.

cia de cuál fuera su lugar de origen, lo que explica por qué los mejores ingenieros españoles estuvieron casi siempre fuera de España[6] . Conocemos también que la mayor parte de los españoles que actuaron de ingenieros, eran militares de carrera, asignados a un ejército permanente, desplegado normalmente en Italia o en Flandes, y que cobraban de la Corona antes como militares que como ingenieros (pues el sueldo de militar era más alto), lo que hace que con frecuencia no sean detectables en las nóminas de los ingenieros[7].

Pedro Luis Escrivá cumple todos estos requisitos y si no hubiera hecho constar su autoría en las lápidas de los castillos que construyó y no hubiera escrito su tratado en 1538, posiblemente aún estaríamos discutiendo su labor como ingeniero, pues nunca cobró nómina como tal.

La *Apología en excusación y favor de las fábricas que se hacen por designo del Comendador Escrivá en el Reino de Nápoles y principalmente de la del castillo de San Thelmo compuesta en dialogo entre el vulgo que la reprueba y el Comendador que la defiende* que Luis Escrivá redacta en 1538[8] es quizá el más importante tratado técnico del primer periodo de la fortificación moderna que tenemos junto con el de Durero. Y tampoco tenemos tantos. Escrivá es además el autor de dos de las fortalezas más sorprendentes del periodo: el fuerte de L'Aquila y el fuerte de San Telmo en Nápoles. La importancia de estas fortalezas en su época y la influencia de su autor fueron enormes e incluso Francisco de Holanda en sus diálogos con Miguel Ángel le incluye junto con Sangallo en sus águilas del Renacimiento, aunque le llama por error «don Antonio»[9].

Tanto las obras como el tratado están hechas desde la experiencia militar de más de treinta años (PRO SVO BELLICIS IN REBUVS EXPERIMENTO) peleando contra franceses y turcos, y las guerras hispano-francesas y los enfrentamientos de venecianos y sanjuanistas contra los turcos son los dos laboratorios donde se experimenta la fortificación de este periodo. Además Escrivá conoce personalmente, o al menos los pormenores técnicos, de las fortificaciones de Lombardía, Cremona, Brescia, Florencia, Piacenza, Pésaro o Túnez (las cita y las analiza incluso en algunos apartados de su tratado), lo que convierte su obra y su tratado en los documentos básicos para entender la formulación de los principios de la fortificación abaluartada.[10]

Sin embargo, aunque sus ideas eran muy conocidas por los mejores militares del siglo XVI y G. Busca[11], por ejemplo, lo cita junto con el de Durero como uno de los primeros tratados publicados, realmente no sabemos si llegó a ser publicado en su época y hasta la edición anotada y comentada que publicamos en 2000[12], para los investigadores modernos sólo ha existido una rara edición de 1878[13] o la siempre complicada posibilidad de acceder al manuscrito depositado en la Biblioteca Nacional de España.

El segundo problema de acercamiento a la obra de Escrivá es que su tratado no postula modelos de fortificación susceptibles de ser utilizados sino que plantea de forma muy crítica las ventajas y los inconvenientes de cada solución en cada sitio. No se trata por tanto del típico manual de recursos que tanto se usó en el XVI ni postula diseños ideales o inexpugnables a emplear. Es por ello una obra difícil de entender y que no permitió en ningún momento basar en él una «escuela de fortificación» propia, presentando «simplemente» un conjunto de principios con los que «inventar» en cada lugar lo que convenía.

Quizá por todo esto, sobre la obra de Escrivá se han consolidado dos ideas en la historiografía italiana que no son correctas: que Escrivá pertenece a la escuela italiana por su relación con el duque de Urbino, al que dedica su *Veneris Tribunal*[14], y que su tratado defiende que la fortificación atenazada es mejor que la abaluartada.

Sobre el verdadero propósito de su tratado hablaremos más adelante. Respecto a su pertenencia a la escuela italiana, es cierto que Escrivá conoce perfectamente todo lo que la escuela italiana –veneciana o no– estaba desarrollando en esa época y en su obra de L'Aquila hay muchos elementos que le relacionarían incluso con Tandino o Sangallo sin perder algunos de influencia española y otros muy personales. Sin embargo el Escrivá del tratado de 1538 no es en absoluto seguidor de la escuela veneciana/italiana y, a propósito de esto, escribe sobre la fortificación de Pésaro:

> «Los ignorantes que no entienden esto, piensan que por haberla hecho el duque de Urbino y allí (en Pésaro) estar bien, que en todo cabo [lugar] lo estará y esto es lo que yo reprendo y digo, que cuando allí está bien, en otro cabo que no tuviese aquellas cualidades estaría mal»[15]

PEDRO LUIS ESCRIVÁ EN EL CONTEXTO DE LOS INGENIEROS ESPAÑOLES

Los estudios que en los últimos años hemos ido publicando sobre la fortificación desarrollada en la Península Ibérica durante el reinado de Fernando el Católico[16] han ido dibujando un contexto técnico que pone en duda la supuesta primacía de ideas de los

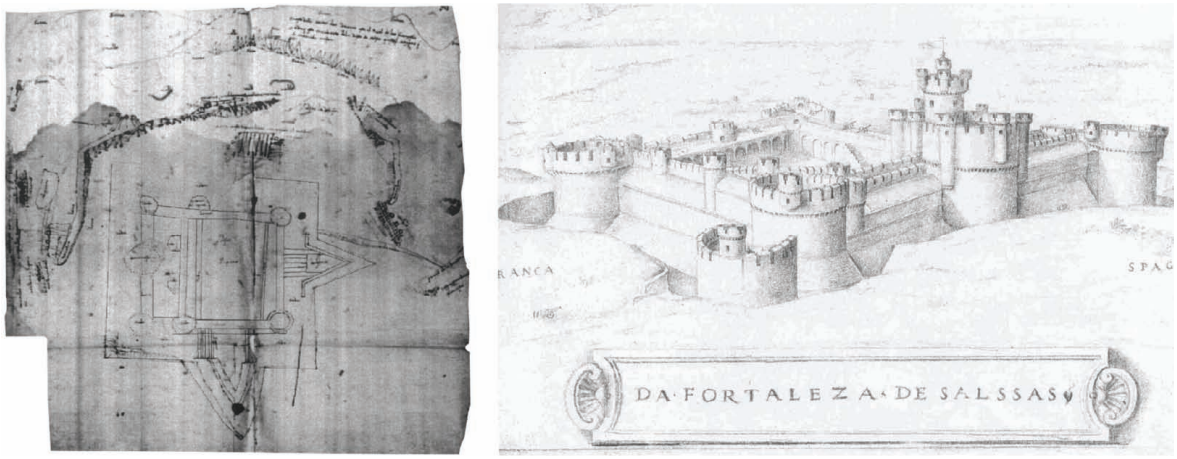


FIG. 2 GONZALO DE AYORA, Plano del sitio francés a Salsas, 1503. Real Academia de la Historia; y FRANCISCO DE HOLANDA, dibujo de la fortaleza de Salsas, 1538, Biblioteca de El Escorial.

tratados de Francesco di Giorgio Martini o de los dibujos de Leonardo da Vinci[17] frente a las obras de fortificación realmente ejecutadas en España e Italia bajo el dominio de dicho soberano. Las fortificaciones de La Mota, Coca o Niebla, o las obras de Ramiro López en Granada y en Salsas, Colliure y Perpiñán, las obras del comendador Antonio de San Martín en Roma (Sant'Angelo) o en Rodas, o los diseños de Balduino Matell[18] en Sicilia, evidencian un desarrollo tecnológico en unas fechas tan tempranas que acreditan antes la influencia española en la ingeniería del norte de Italia que la influencia contraria[19].

La presencia y la influencia de esta primera remesa de ingenieros españoles, tanto en Italia como en Rodas, sirve para entender la continuidad de esta influencia, especialmente en el sur de Italia, a partir de la labor de la siguiente generación de ingenieros de la Corona, como el navarro Pedro Navarro, los castellanos Diego de Vera, Pedro Malpaso y Fernando de Alarcón, o el napolitano Antonio de Trani[20]. Resulta también significativo el hecho de que los principales ingenieros que sirvieron a la Corona fueran caballeros de la orden de San Juan y pusieran su experiencia y aprendieran al mismo tiempo de los duros enfrentamientos habidos en el Mediterráneo frente a los turcos. Ramiro López era comendador de la orden de San Juan, al igual que Antonio San Martín, que llegó a ser prior de Tortosa y máximo responsable de la fortificación de Rodas en los primeros años del siglo XVI. A Rodas fueron, y de Rodas aprendieron, Tadino di Martinengo y Benedeto de Rávena, ambos ingenieros de la Corona española desde el comienzo del reinado de Carlos V. Comendador de la orden de San Juan fue también Pedro Luis Escrivá.

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS BÁSICAS

Sobre Pedro Luis Escrivá sabemos realmente muy pocas cosas, y el déficit historiográfico que señalábamos al principio se hace notar. Tenemos gran cantidad de información entre 1534, cuando comienza la obra de L'Aquila, y 1538, en que finaliza la obra de San Telmo en Nápoles y escribe su tratado[21]. De los años anteriores sólo sabemos que, según sus

FIG. 3 Castillo de L'Aquila, 2013, Italia. Fotografía de FERNANDO COBOS ESTUDIO ARQUITECTURA

propias palabras en la *Apología*, llevaba más de treinta años (desde 1508) sirviendo en los ejércitos de la Corona, que era comendador de la orden de San Juan y que en 1528 había participado en la defensa de Nápoles contra los franceses. Coincide allí con Tadino di Martinengo, con Alarcón y, posiblemente, con Pedro Navarro, hecho prisionero por los españoles en esa batalla[22]. Conoce de primera mano las fortificaciones construidas en Italia a partir de los años 30, pero no sabemos realmente dónde estaba en las décadas anteriores, aunque podemos suponer que por su conocimiento del poder ofensivo de los turcos y por su condición de caballero de la orden de San Juan, podría haber estado en las guerras del Mediterráneo e incluso en Rodas antes de su pérdida en 1522.

La historiografía italiana citada sugiere su aprendizaje con los venecianos, pero ya hemos visto que no es un simple seguidor del duque de Urbino y la publicación en Venecia de su libro de amor cortesano *Veneris Tribunal* es muy tardía (1537) y se hace en castellano. Entre 1534, como gobernador militar e ingeniero de la fortificación de L'Aquila, y 1538, como responsable de las fortificaciones de todo el Reino de Nápoles, son muchas las referencias documentales y epigráficas de su trabajo. En la lápida situada sobre la puerta de ingreso del castillo de San Telmo de Nápoles, después de la obligada referencia al emperador Carlos y al virrey Pedro de Toledo, dedica más de la mitad de la superficie de la lápida a dejar constancia de sí mismo de una manera que sólo podían permitirse aquellos que verdaderamente tenían poder para hacerlo:

PEDRO LUIS ESCRIVÁ, VALENCIANO
CABALLERO DE LA ORDEN DE SAN JUAN
COMANDANTE DE LOS EJÉRCITOS IMPERIALES
HACE ESTA OBRA POR SU EXPERIENCIA EN LAS COSAS DE LA GUERRA
(en latín con fecha de 1538)

Pero después de 1538, con su tratado incompleto, Escrivá desaparece de las fuentes documentales. La inscripción del fuerte de L'Aquila (1543) ya indica que Escrivá hizo el diseño inicial pero no había acabado la obra y en 1542 le sustituyeron otros ingenieros (Acaja como director de la obra y el valenciano Jerónimo Xarque como gobernador) y una inscripción de la muralla de Nápoles de 1546 decía que los fundamentos los hizo Escrivá pero los acabó el ingeniero Acaja[23]. En los años siguiente aparecerán al frente de las fortificaciones de Nápoles los arquitectos españoles Pedro Prado, luego ingeniero en Malta, y Juan Bautista de Toledo, después arquitecto del Escorial, pero no hay más noticias de Escrivá durante años.

Hay un Luis Escrivá que aparece como ingeniero de la Corona muchos años más tarde (1560) y aunque se ha dicho que pudo ser el mismo[24], el tiempo transcurrido y la ausencia de referencias a su labor anterior lo hacen poco probable. Entre 1538 y 1542 Escrivá era uno de los ingenieros más prestigiosos de la Corona e incluso su muerte repentina debería haber dejado algún rastro documental[25]. Para su desaparición tenemos tres hipótesis posibles y todas incluyen un posible viaje a Malta. Escrivá es comendador de San Juan, el diseño del fuerte de San Telmo de Malta es casi un desarrollo directo de su tratado y existe un plano anónimo en Simancas entre papeles de 1543 y un plano de Pedro Prado casi idéntico en 1552 de difícil interpretación[26]. Si estuvo en Malta este diseño es una buena razón para ello, pero después, hacia 1542[27], caben tres hipótesis: que se muriera (pero sólo hay una noticia no confirmada relativa a una reclamación de su viuda[28]); que lo capturaran los turcos y lo soltaran poco antes de 1560 (pero ya sería muy mayor y tendríamos alguna noticia sobre su rescate) y, finalmente, que lo capturaran los turcos y se pasara a su servicio (los fuertes estrellados de Argel que resisten el ataque de Carlos V en 1541 son muy sospechosos y hay noticias de un caballero de San Juan renegado que ayuda a los turcos y argelinos en esa fecha[29]).

LA OBRA DE ESCRIVÁ EN EL CONTEXTO DE LA FORTIFICACIÓN ESPAÑOLA

En el estudio de la fortificación abaluartada hispánica podemos distinguir estos periodos iniciales[30]:

El periodo experimental (1492-1550), que corresponde con un mal llamado periodo de transición, caracterizado por el acusado carácter experimental de las propuestas, con dominio fundamentalmente en el caso español de los artilleros y militares; ***El optimismo de la traza italiana (1550-1574)***, que coincide básicamente con los grandes tratados italianos, escritos y presentados la mayor parte de ellos a la monarquía hispánica, aunque algunos se publicaran más tarde; y ***El escepticismo práctico (1574-1640)***, que se inicia con el desastre de La Goleta, tras el cual la monarquía hispánica recupera muchas de las teorías y precauciones del periodo experimental, la defensa de las plazas vuelve a estar fundamentalmente en los arcabuces y no en los cañones, la autonomía de los ingenieros es limitada por la presencia de militares expertos en fortificación, que son muchas veces los verdaderos diseñadores de las fortalezas, limitándose los ingenieros que los acompañan a dibujar lo que los militares deciden.

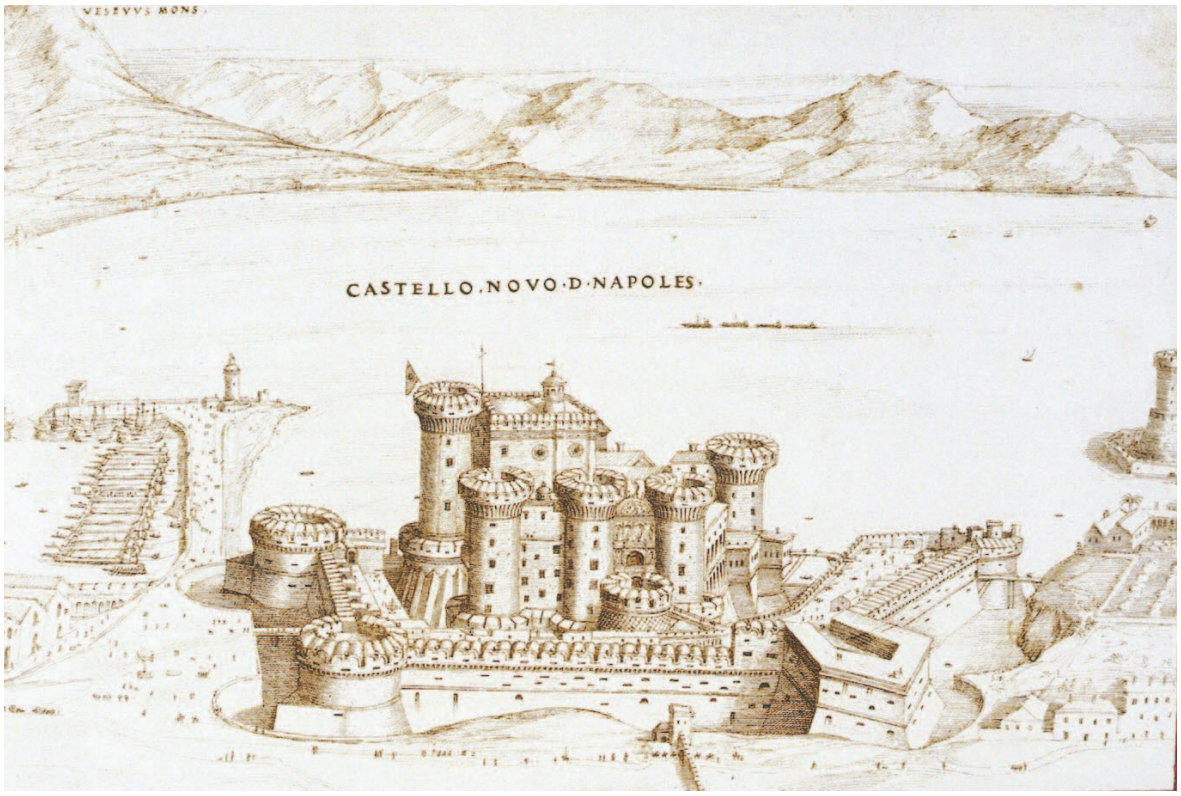


FIG. 4 Arriba, castillo de Barletta, proyectado por FERNANDO DE ALARCÓN, hacia 1530, Reino de Nápoles; abajo, FRANCISCO DE HOLANDA, dibujo de Castel Novo, 1538, donde se observa el baluarte pentagonal diseñado por Alarcón. Biblioteca de El Escorial

Escrivá pertenece cronológicamente al periodo experimental pero su tratado ya incide en las definiciones clásicas de la «traza italiana» y así dice:

«Y pues ya entendiste por lo passado la dificultad y peligro que los angulos corren, mayormente si el artilleria los puede coger algo de traves, **puedes considerar quanto mas convernia a la fortaleza de los turriones el hazerse redondos** que angulares, porque ultra que la figura circular es en si mas excelente, tiene para en esto dos cosas muy importantes; la una es que quasi es imposible poderse assentar batteria que la cogia mas de sola una pieça en squadro, y la otra que toda la fabrica, como esta en circulo, se ayuda y haze espal-

> das la una a la otra...» (Pero en este caso los defensores de la fortificación «moderna» dirían) «que **si los turriones huviessen de ser redondos perderia ella la facultad que le conviene de poderse descubrir y offender por traveses** los que a los muros y frente de sus turriones llegasen, y seria esta diferentia que ternia mal medio para poderse acordar, porque no solo demandan que los turriones sean angulares, mas haun no quieren por nada que los angulos dellos se hagan obtusos ni haun rectos sino que hayan de ser agudos».

Pero el tratado de Escrivá prefigura la reacción hacia esos modelos italianos que se producirá después del desastre de La Goleta. El gran valor del tratado de Escrivá no es el descubrimiento de la solución atenazada sino la reflexión crítica que hace sobre el sistema bastionado moderno, sobre su génesis, sus arbitrariedades y sus deficiencias, en un momento, 1538, en que este sistema está a punto de consagrarse en su definición canónica y expandirse por todo el mundo occidental. Y esta reflexión crítica la hace un ingeniero que dominaba perfectamente este conocimiento científico, hasta el punto de conocer sus defectos, y criticaba por ello a los que pretendían aplicarlo sin entenderlo verdaderamente:

> «oí decir que ya esta ciencia era tan fácil y divulgada que casi todos la entendían y muchos había que la sabían ejecutar, más después por la experiencia y ejemplo de muchas obras que de unos y de otros he visto, he venido a conocer... que algunos de los que tú y yo conocemos, los cuales son tenidos en ella (en la ciencia de la fortificación) por muy raros y se alaban en tu escuela por excelentes, tienen falta de hartos quilates para llegar a la cumbre de ella... y cada día se ve que pocos soldados hay entre nosotros que, con haber un poco practicado la guerra y tomado las medidas de las defensas y otras partes de las fortalezas que han visto, no se atrevan sin más consideración a meter mano en fortificar» [31].

EL ESCRIVÁ DE L'AQUILA

La fortaleza de L'Aquila, una de las fortificaciones más impresionantes conservadas en Italia de este periodo, fue comenzada por Escrivá en torno a 1534[32] y había sido estudiada, curiosamente por un alemán[33], ya hace bastantes años, y aunque para la historiografía italiana era imposible ignorarla, su influencia y repercusiones en la historia de la fortificación italiana necesitaban de un nuevo encaje[34]. La publicación de la edición comentada del tratado de Escrivá que hicimos en el año 2000 y las importantes obras de restauración que tras el terremoto de 2009 se están llevando a cabo, nos dieron la oportunidad, a través de un estudio encargado por el Ministerio de Cultura Español en colaboración con los técnicos del Ministerio de Cultura Italiano, de avanzar notablemente en el conocimiento de esta fortaleza. Obviamente los resultados de este estudio[35] no caben en este artículo, pero hay algunos datos que aportan una nueva perspectiva de Escrivá a partir del análisis de su obra en L'Aquila.

Sabemos ahora que Escrivá dio la traza, al menos de la parte militar, y empezó la obra, aportando soluciones constructivas que podrían indicar la presencia de experimentados canteros de origen español[36], pero no acabó el edificio y algunos elementos como la ga-

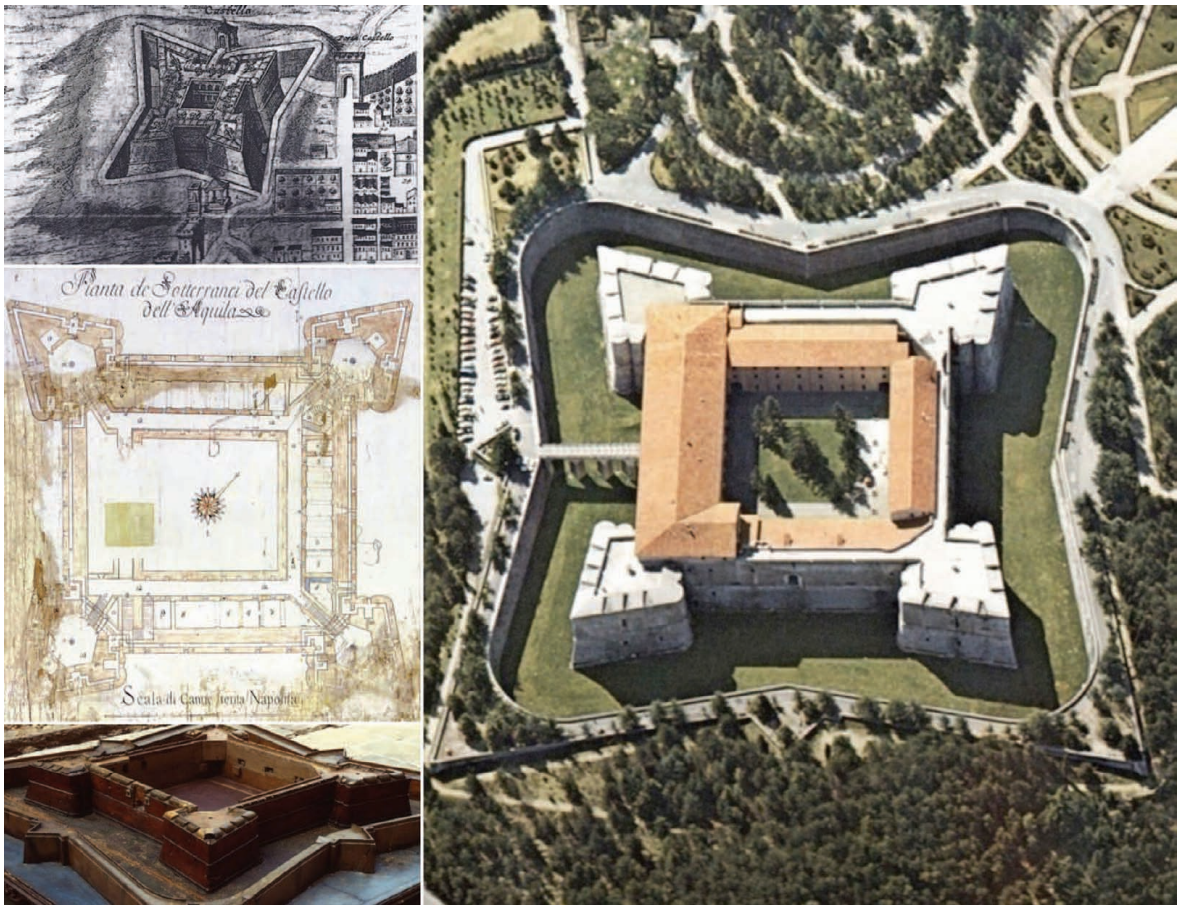


FIG. 5 Castillo de L'Aquila: a la izquierda, de arriba a abajo, detalle del plano de la ciudad de GIACOMO LAURO de 1600, planta de contramina de 1753 y maqueta fechada en el siglo XVIII; derecha, vista aérea antes del terremoto de 2009.

lería porticada, o incluso la portada, se añadieron cuando Escrivá estaba en Nápoles concentrado en la obra de San Telmo o cuando ya había tomado la dirección de los trabajos Acaja (1542). Las contradicciones y los problemas de encaje de los elementos iniciales, fundamentalmente militares, con la distribución doméstica, parece sugerir una modificación al final de los años 30 del siglo XVI. Curiosamente, la maqueta conservada, datada supuestamente en el siglo XVIII, representa la parte estrictamente militar que

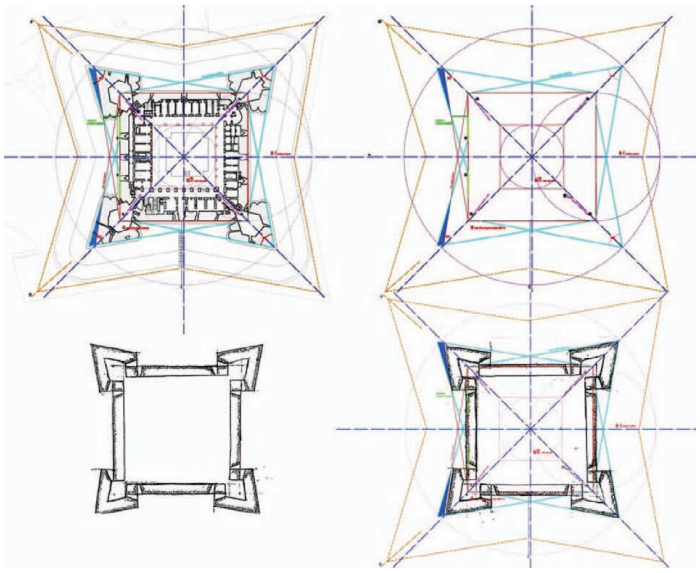


FIG. 6 FERNANDO COBOS ESTUDIO ARQUITECTURA, esquemas del trazado en planta de la fortaleza de L'Aquila y comparativa con la planta cuadrangular del tratado de Escrivá (Ministerio de Cultura, «Estudio e interpretación histórica y constructiva de la fortaleza de L'Aquila, Italia», 2013).

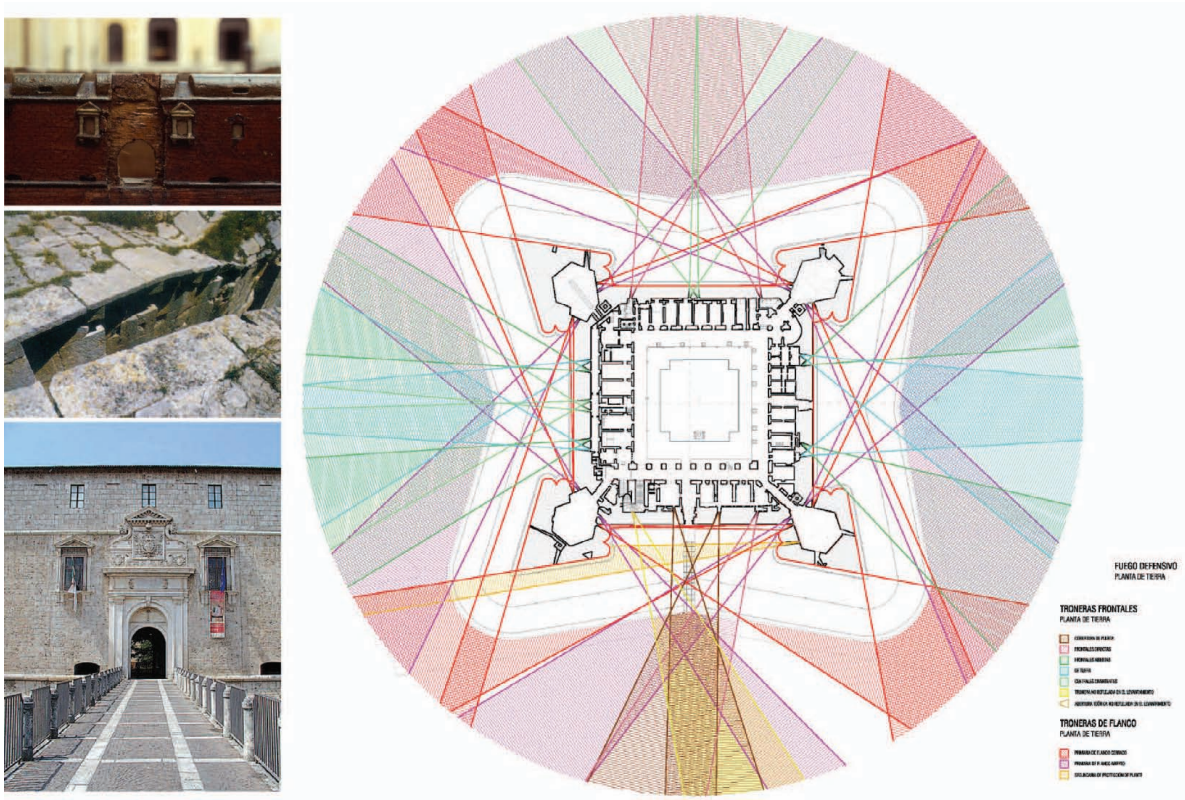


FIG. 7 En la columna de la izquierda: detalle de la fachada con parapeto alamborado con troneras de fusilería en el interior de los merlones que se observa en la maqueta del castillo de L'Aquila fechada en el siglo XVIII, troneras con redientes en parapetos abocelados en la fortaleza de Berlanga de Duero, 1521-1528, y fachada del castillo de L'Aquila antes del terremoto de 2009; derecha: esquema de fuego defensivo de la planta de ingreso del castillo de L'Aquila (FERNANDO COBOS ESTUDIO ARQUITECTURA, Ministerio de Cultura, «Estudio e interpretación histórica y constructiva de la fortaleza de L'Aquila, Italia», 2013).

sí podríamos atribuir al primer diseño de Escrivá, con sus parapetos abocelados y sus fusileras interiores a los merlones, que luego desaparecieron.

El otro problema de interpretación de L'Aquila se basaba en la creencia de que el tratado escrito en 1538 por Escrivá defendía la fortificación atenazada frente al uso de baluartes pentagonales convencionales. Sin embargo, como veremos, el tratado no es exactamente una defensa de una postura frente a la otra, sino la exposición de las ventajas e inconvenientes de cada una de las soluciones, y al estar escrito en diálogo encontramos explicaciones al diseño de L'Aquila, tanto en los argumentos del Comendador (que defiende San Telmo) como en los argumentos del vulgo. Un dato muy relevante de esto lo encontramos en la coincidencia absoluta de la planta cuadrangular que aparece en el tratado y la planta real de L'Aquila. Esta coincidencia no se basa en que todas las plantas cuadradas con baluartes en las esquinas se parecen, si no en la conservación de las proporciones entre cortina, flanco y cara, proporciones que varían mucho de unas fortificaciones a otras. Esta preservación de la proporción de cortina y flanco se observa, además, en la propia traza de L'Aquila, en los dos baluartes cuyo grosor es mayor, aparentemente por estar más expuestos al ataque enemigo, y cuyo engrosamiento se consigue al cambiar el ángulo flanqueado sin modificar la anchura del flanco.

Decía Escrivá que «esta ciencia es demostrativa y hay cosas que no se pueden explicar sin figuras», y ha sido precisamente el análisis gráfico de las plantas de Escrivá el que ha permitido entender la aplicación de distintos principios y soluciones técnicas que luego

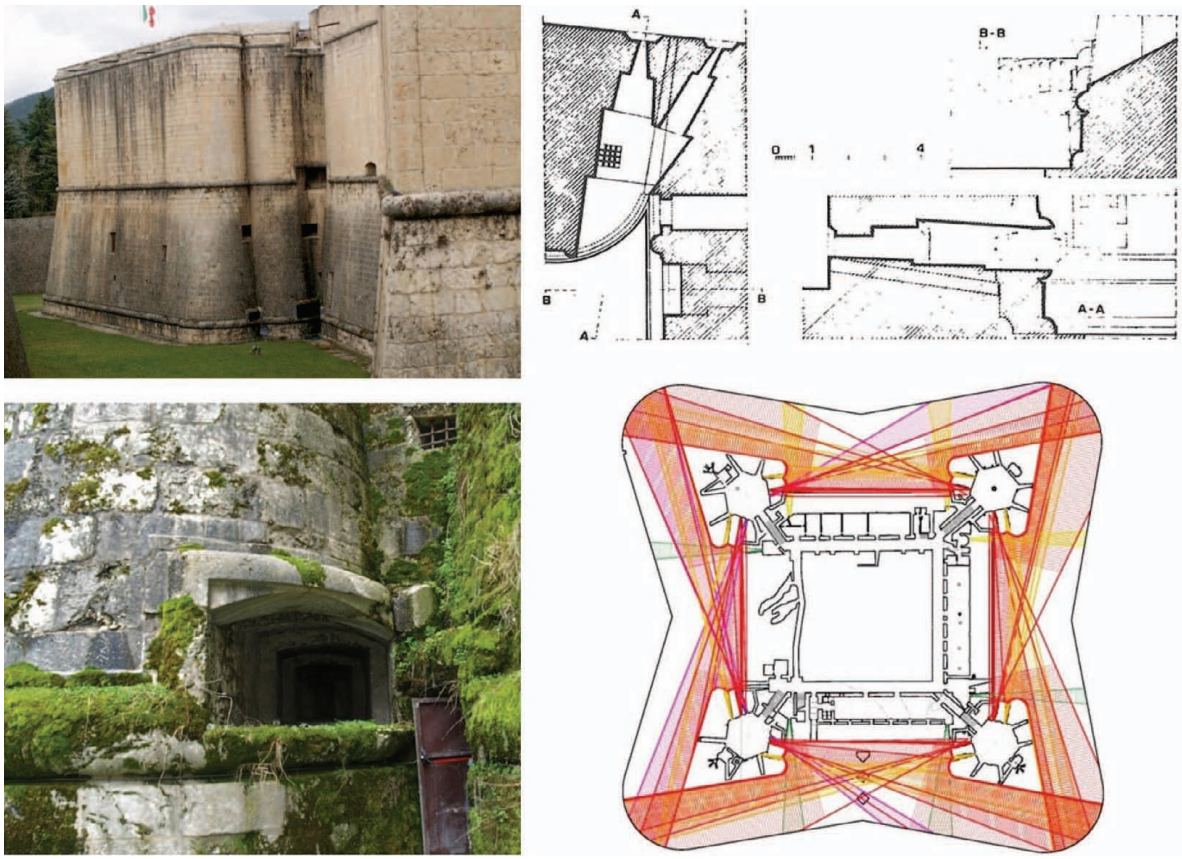


FIG. 8 Castillo de L'Aquila: a la izquierda, fotografías de las troneras de la fortaleza y detalle de la tronera del nivel inferior del foso; a la derecha, dibujo de las troneras según J. EBERHARDT en su libro *Das kastell von L'Aquila*, estudio del fuego defensivo del foso de la fortaleza de L'Aquila (FERNANDO COBOS ESTUDIO ARQUITECTURA, Ministerio de Cultura, «Estudio e interpretación histórica y constructiva de la fortaleza de L'Aquila, Italia», 2013).

aparecerán, tanto en el tratado como en diseños de fortificaciones muy posteriores. El estudio del fuego de troneras ha permitido comprender las diferencias esenciales entre las troneras que tiran de frente, y que son por tanto vulnerables, de las troneras que defienden la fortaleza con el fuego cruzado desde los flancos. Es aquí donde Escrivá presenta una primera versión de su teoría de la inutilidad del orejón frente al mayor grosor del flanco, diseñando dos orejones que cubren todo el flanco, regruesándolo de hecho, y aportando la resistencia del trazado curvo.

Se constata, igualmente, la aplicación de otros dos principios que serán vitales para entender el diseño de Escrivá y su influencia posterior. La necesidad de que las troneras principales no se descubran desde el exterior, ni por su trazado, ni por su ángulo en planta, ni por su ángulo sobre la horizontal. Decía Escrivá que a las troneras de flanco «les basta descubrir cumplidamente de luengo a luengo el muro que defienden sin derramarse a descubrir por costado … que quanto mas cubiertas estan y menos descubren por costado mejores son», pues como decía Bernardino de Mendoza en 1579, «es proposición asegurada en materia de fortificación que todo lo que se ve, pierde el que defiende, fundándose en tirar la artillería por línea derecha como camina la vista». Debe entender el lector que, hasta el uso sistemático de balas explosivas a principios del siglo XIX, el tiro parabólico de bolas de hierro o de plomo macizas no aportaba ninguna ventaja al atacante y toda la fortificación se diseñaba para defenderse del tiro «tenso», es

decir, la trayectoria inicial del proyectil, que asemeja ser recta, y donde más potencia tiene con puntería directa. En L'Aquila descubrimos que las dos troneras de flanco apenas abren lateralmente, con la particularidad de que la más alejada de la cortina, y por tanto más vulnerable al ataque enemigo, es la que más cierra su ángulo reduciendo así su exposición[37].

Otro de los aspectos verdaderamente interesantes de L'Aquila es su sistema contramina, compuesto por una galería subterránea de pie de escarpa con chimeneas de ventilación. De nuevo el análisis gráfico de los últimos estudios ha planteado la duda de si se modificó el diseño original rellenando o no terminando de excavar el foso y privando a esta galería de aberturas de fusilería a ras de suelo, según la solución típica de la ingeniería española ya aplicada en su momento en el castillo de Salsas (1497) y que se repite constantemente en otros ejemplos de fortificaciones españolas del siglo XVI. Las excavaciones arqueológicas proyectadas para resolver esta duda podrán quizá darnos una respuesta en los próximos meses.

EL ESCRIVÁ DE SAN TELMO

Sin haber terminado la obra de L'Aquila Escrivá se encarga de proyectar y construir la fortaleza de San Telmo en Nápoles (los italianos la llaman Sant Elmo, pero las fuentes españolas rápidamente adaptaron la grafía al uso hispánico). El origen del diseño de Escrivá se basa en un debate en una junta de ingenieros celebrada en el cerro de San Martín de Nápoles en 1535, y a la que asistieron todos los expertos de fortificación del imperio que volvían de la toma de Túnez. Lo interesante de esta junta es que, a diferencia de

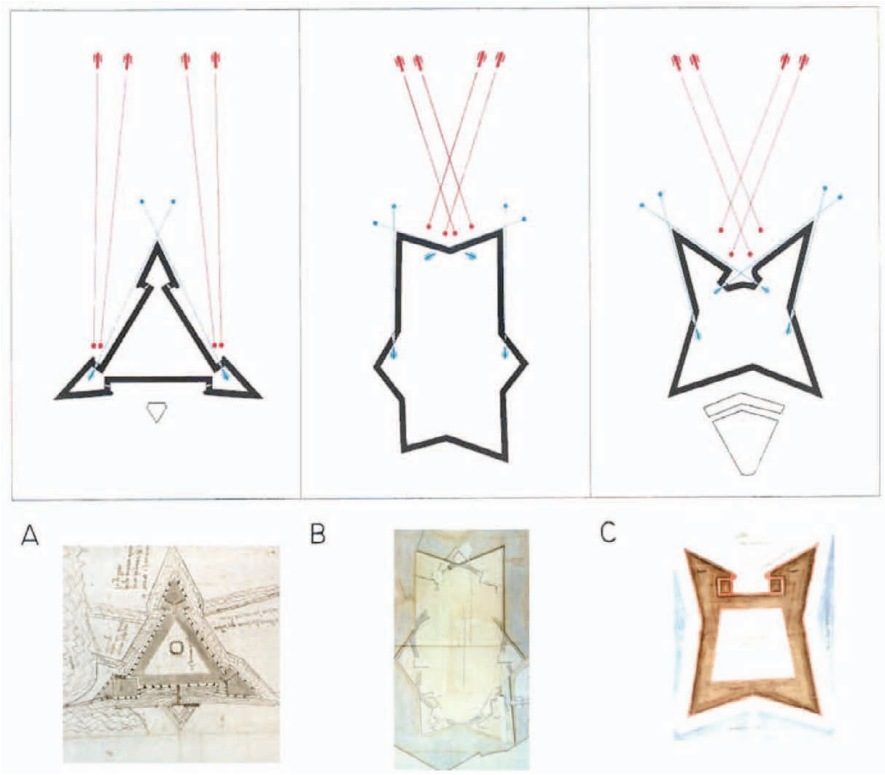


FIG. 9 FERNANDO COBOS. Análisis de la teoría de Escrivá sobre la orientación de las puntas de la fortificación hacia la batería enemiga aplicada al diseño de FERRAMOLINO para La Goleta, al diseño de ESCRIVÁ para San Telmo de Nápoles y al diseño de PEDRO PRADO para el castillo de San Telmo de Malta.

FIG. 10 Distintas vistas del castillo de San Telmo en Nápoles, portada e inscripción.

otras juntas donde se tomaban determinaciones que se aplicaban en las siguientes fortificaciones, Escrivá terminó diseñando justo lo contrario de lo que se había acordado, según explica el vulgo en la *Apología* de Escrivá:

> «tu no te recuerdas que estuviste presente quando la Magt. del emperador subio en ese monte en el año de mil y quinientos y trenta y cinco y quiso entender la forma de la fortification que a sus guerreros parecia que en aquel lugar se convenia y fue quasi por todos concluydo que se pusiese alli un espunton poderoso... para que resistiese a qualquiere batteria que le viniese, pues haviendo tu no solo dexado de hazer el espunton adelante mas haviendote retirado atrás y hecha esta tijera, como quieres porfiar que este bien».

La razón que da Escrivá para construir una tenaza frente a la batería enemiga en vez de la punta de un baluarte [FIG. 11], será el origen de un intenso debate que trascenderá el ámbito del tratado, y que en el fondo explica una de las principales carencias del sistema abaluartado, paliada sólo en parte con la superposición de obras exteriores en el siglo XVII y que se reformulará en la definición de la teoría de la fortificación perpendicular de Montalembert en el siglo XVIII.

> «...como la spiga o angulo deste espunton es necesario... ponerle derecho contra el lugar de donde la batteria le puede venir y por el consiguiente la tronera que a el le a de defender

es fuerça dreçarse a la mesma parte a donde mira la espiga... viene quasi a tirar la dicha tronera por frente hazia el lugar de la batteria y como las troneras que tiran por frente es averigudado que pueden poco resistir ni valer concluyo que el poner semejantes espuntones es cosa mal pensada».

Aparte de la solución atenazada, Escrivá diseña unas gigantescas troneras buzadas (con la trayectoria de fuego en ángulo descendiente hacia el foso) y encapotadas, cubiertas del tiro horizontal procedente de fuera del foso, lo que unido a la magnitud de la obra, en gran parte labrada en la roca viva, convirtió a la fortaleza de San Telmo en objeto de las más enconadas admiraciones y críticas. El pintor y espía portugués Francisco de Holanda, que acude a Nápoles en 1538 para dibujar sus inmensas troneras[38], pondrá en boca de Miguel Ángel, en sus *Diálogos de la pintura,* su admiración por el constructor del castillo de San Telmo, al que, según Holanda, Miguel Ángel consideraba tan importante como Sangallo. Estas troneras cruzadas y buzadas se diseñan así según palabras de Escrivá porque «no puede en ninguna manera tirando á batería embocar la tronera, y tirando á embocar, no puede hacer batería».

EL TRATADO DE 1538

Son muchas las claves del debate que incluye *la Apología* de Escrivá y muchas de sus reflexiones aparecen luego en otros tratados y escritos[39]. Esto no quiere decir que Escrivá fuera autor de todas estas ideas aunque fuera el primero en escribir sobre ello de forma sistemática. De hecho, es muy posible que en algunos casos se limitara a recoger todos los temas de debate y las cuestiones polémicas que en ese momento inquietaban a los constructores de fortalezas. Esto no quita valor al tratado; al contrario, lo convierte en un documento de enorme importancia y ya hemos señalado recientemente que la coincidencia de temas y fortificaciones claves entre la *Apología* y los dibujos de Francisco de Holanda[40] refuerza esa idea de «síntesis del estado de la cuestión» de este crucial periodo histórico.

Además la *Apología* de Escrivá está escrita en diálogo entre «El Vulgo» y el propio Comendador y no nos cabe duda de que Escrivá recogió y puso en boca de «El Vulgo» gran parte de las ideas que sobre fortificación se tenían en ese momento y que él matiza o rebate. El interés por tanto de nuestro estudio no está en decidir si el personaje del Comendador que representa las ideas de Escrivá en la *Apología* tenía o no razón en sus argumentos, ya que no todas las cuestiones tienen una solución clara, sino en analizar los propios términos del debate.

Los puntos clave de este debate que desarrollaremos en la exposición son:

— La incompatibilidad entre la deflexión del tiro enemigo y un eficaz fuego de flanqueo defensivo. Es la clave del diseño de San Telmo y las discusiones de los expertos convocados por el Emperador en 1535 en Nápoles sirven a Escrivá para reflexionar sobre la orientación de las puntas de los bastiones según el emplazamiento de la fortificación.

— La articulación de las cortinas y la deficiente defensa de las caras de los baluartes. Los diseños de San Telmo, Capua y Ferrara introducen el debate sobre el hecho de que con el sistema canónico la cara del bastión sólo la defiende el fuego del flanco opuesto y perdido este, se pierde el bastión.
— La incompatibilidad entre construir fortalezas ofensivas o defensivas, incluso troneras ofensivas y defensivas, troneras cubiertas y su defensa. Su teoría de tronera buzada y encapotada y su relación con la traza de fosos.
— El baluarte canónico, las casamatas y las plazas bajas. Debate que surge del análisis de la fortificación de Pésaro. Los orejones y otras formas de defender las troneras de los flancos.
— Las plantas ideales. El debate surge al analizar la traza triangular de Ferramolino para La Goleta de Túnez y deriva hacia el estudio de los ángulos de las plazas y de los bastiones, la longitud de las cortinas en función del alcance efectivo del tiro, la posición de los caballeros, etc.

«Espuntón», tijera y cortina llana

La *Apología* de Escrivá ilustra un debate real producido en torno a la construcción del castillo de San Telmo en Nápoles pero se extiende a comentar fortalezas coetáneas como Capua, Ferrara, Pésaro, Florencia o La Goleta de Túnez. Además, otras muchas fortalezas, como San Telmo de Malta, deben entenderse desde la lectura del tratado. De hecho las fortalezas citadas de Nápoles, Túnez y Malta ilustran por sí mismas una de las primeras reflexiones del tratado sobre la orientación de los baluartes ante una batería enemiga cuyo emplazamiento condiciona el lomo de un cerro (Nápoles), un istmo (La Goleta) o una península (Malta). En ellas [FIG. 9], como ocurre en Nápoles, poner la punta del baluarte mirando a la batería enemiga significa que tus troneras de flanco pueden ser atacadas frontalmente por el enemigo y perdidas estas, perderás la plaza. Puede decirse además que el debate antagónico del tratado está en las fortalezas de San Telmo y el proyecto de Ferramolino para La Goleta que la *Apología* indirectamente compara[41].

De la dureza del debate da fe el propio texto de la *Apología* y el que la inscripción que preside la portada de la fortaleza atribuya su autoría a Escrivá «PRO SUO BELLICIS IN

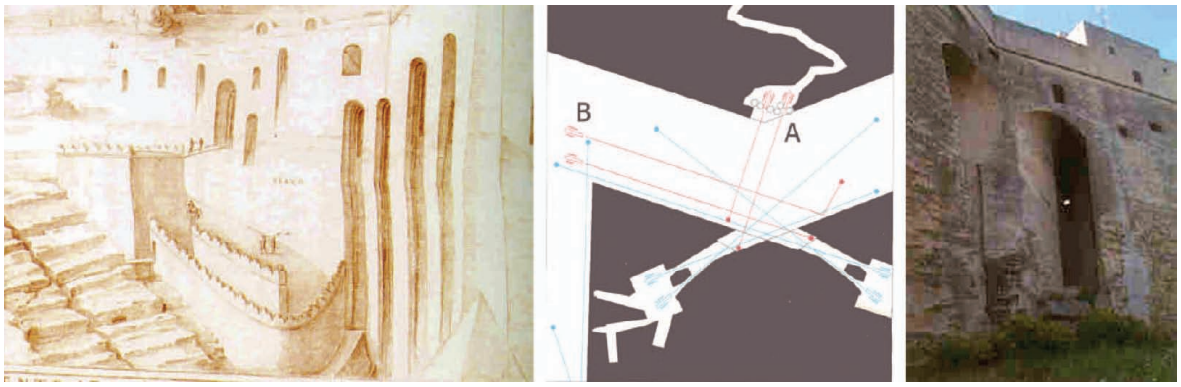


FIG. 11 Castillo de San Telmo de Nápoles: FRANCISCO DE HOLANDA, 1538, Biblioteca de El Escorial; FERNANDO COBOS, análisis de la teoría de Escrivá sobre la dificultad de embocar sus troneras «no puede en ninguna manera tirando á batería (A) embocar la tronera, y tirando a embocar (B) no puede hacer batería»; y troneras de un ángulo entrante.

REBUS EXPERIMENTO». Pero si San Telmo podría ser el ejemplo de una fortaleza en la que el diseño del ingeniero se impone al parecer de los militares del Emperador, la primera fortaleza de La Goleta es un ejemplo de cómo el diseño de un ingeniero que defiende la primera idea de los militares es cambiado por otro militar. La *Apología* de Escrivá no es desde luego ajena al debate y en ella aparece comentada esta fortaleza, «la que nuevamente se es hecha en la Golleta, que el cuerpo de ella es triangular y la ha fundado Ferramolin con tanta consideration y quasi con el parecer y juyzio de todo el campo imperial que se hallo entonces alli despues de la expugnation de Tunez». Nótese que Escrivá pone en boca del vulgo prácticamente la misma expresión («y fue quasi por todos concluydo») que aparece en el capítulo dedicado a San Telmo y una y otra parecen proceder de la idea del espuntón desechada luego para San Telmo. En 1538, al mismo tiempo que se escribe la *Apología*, está produciéndose el debate entre Ferramolino y el gobernador, y gran experto en fortificación, Bernardino de Mendoza, uno de los grandes teóricos militares españoles, y aunque el debate no se centra en la orientación del baluarte, los argumentos de Bernardino son casi idénticos a las críticas que Escrivá incluye en su *Apología* sobre las plantas triangulares. Bernardino es uno de esos militares con conocimientos de matemáticas y de dibujo y su prestigio es tal que, aunque Ferramolino pide volver a La Goleta con la excusa de ayudar como peón en la obra, no puede evitar que la traza que finalmente se construya sea cuadrangular y con la cortina perpendicular a la batería enemiga según el criterio de Bernardino[42].

Malta comparte con Nápoles y Túnez el hecho de que sus fortalezas citadas no pudieran ser batidas más que por un frente principal y supone la tercera variante analizada en el tratado: la cortina llana, en decir la cortina situada perpendicular a la batería enemiga. San Telmo de Malta, construida a partir seguramente del proyecto, aparentemente anónimo, de 1543[43], debía estar muy acabada en 1552 cuando el arquitecto español Pedro Prado envía su conocida «traça del fuerte que han hecho en Malta» y que ha servido para atribuirle al menos el remate de la obra. Prado conocía personalmente la obra de San Telmo en Nápoles, al haber trabajado en 1547 como arquitecto en la construcción de la capilla de esta fortaleza, en cuya lápida fundacional queda clara su condición de arquitecto español[44]. Esto explicaría de forma sencilla la aparente relación entre la traza dada y algunos dibujos de la *Apología* sin necesidad de que el propio Escrivá acudiera a Malta, pero teniendo en cuenta que las fortificaciones de Malta estaban siempre bajo la supervisión de la Corona y que Escrivá era comendador de la Orden, resulta muy probable que Escrivá participara en el diseño. Hay sin embargo una larga discusión, en la que participa el duque de Alba y donde se utilizan argumentos que ya emplea Escrivá en su *Apología*, y modificaciones sustanciales en el emplazamiento que serán decisivas en los aciertos y en los errores del diseño final[45]. La discusión del tratado y su aplicación a Túnez y Malta serán sin embargo determinantes para el diseño de los fuertes «de morro» y de las defensas marítimas de toda la fortificación hispánica como luego veremos.

Los tipos de cortina

Descartada la orientación de la punta del baluarte hacia la batería enemiga, el debate de la *Apología* se centra en analizar las ventajas y desventajas de los frentes de cortina llana,

en tijera o en espiga hacia el exterior como en Ferrara. Escrivá analiza incluso la variante (aunque no la dibuja) de la cortina en tijera con baluartes en las esquinas (que luego propondría Tartaglia), «que cierto vendrían las cortinas a quedar en tal caso de muchos traveses defendidas, pero para que no se embocasen algunos de ellos el uno al otro habríase de usar una gran arte»[46].

Reflexiona además sobre el hecho de que las caras de los baluartes sólo las protege el tiro del flanco opuesto, mientras que la cortina está protegida por el fuego cruzado de los dos flancos «porque de los dos traveses que ofenden a los que combaten la cortina uno solo puede ofender a los que combaten el turrión»[47]. Asume por tanto que el punto más vulnerable de asalto es la cara del baluarte y no el centro de la cortina y que desmontado uno de los flancos la fortaleza queda sin defensa:

> «y esto así por la utilidad que se sigue del quitar los traveses como por la oportunidad que de ello resulta, porque no solo es camino conveniente, mas parte muy principal para que se pueda alcanzar y ganar lo demás»[48].

Si analizamos los relatos de los asaltos turcos a Malta en 1565 y a La Goleta de Túnez en 1574 vemos claramente cómo la inutilización del fuego defensivo de los flancos es realmente el hecho determinante de la pérdida de las plazas cuando estas se enfrentan a una artillería tan potente como la turca[49]. De esta idea surgen dos líneas de pensamiento en el tratado; por un lado toda la teoría sobre la protección de las troneras que luego explicaremos y por otro lado algunas reflexiones sobre la ubicación de las troneras en el centro de las fortalezas como en la solución de doblar las troneras en el centro de la cortina según su diseño para Capua o como en el sistema atenazado que construyó en San Telmo ya citado.[50]

Troneras ofensivas y defensivas

Escrivá defiende que es imposible diseñar troneras que ofendan al enemigo y al tiempo estén suficientemente protegidas para que el enemigo no las alcance. Distingue entre troneras «rufianas», que tiran desde lo alto sobre la campaña, y troneras «maestras», que son las que garantizan la defensa última y definitiva de la fortaleza como ya veíamos en L'Aquila y San Telmo. Escrivá sostiene que la tronera que mejor se defiende es la que no se ve desde fuera del foso, por ello en San Telmo va un poco más allá y diseña un tipo nuevo de tronera «encapotada y buzada», orientada de arriba abajo hacia los ángulos de la fortificación en el lecho del foso.

> «que por amor mío quiero que vayas sobre el lugar (San Telmo) y te hagas dar la tabla del mi designo y tomes el compás en la mano… y verás que están puestas de manera que es difícil cosa que el artillería pueda pasar por ellas ni romperlas… y mira la encapotadura que les he hecho… de manera que viene a no poderse batir del mismo nivel [de lejos, fuera del foso]… que el enemigo ha de estar [en el foso] si quiere embocar mi tronera y le conviene salir atrás de la esquina o ángulo del lienzo que aquella tronera defiende y en salir afuera se descubre luego y da el costado al otro flanco»[51].

Estas troneras aparecerán luego en los diseños de distintas fortificaciones españolas como el de Pizaño para el fuerte de la Trinidad en Rosas (1544), el de Vespasiano Gonzaga en Peñíscola (1579) o el de Fratín para el fuerte de San Felipe en Setúbal (1581).

Análisis del baluarte canónico

Las reflexiones sobre el baluarte que el duque de Urbino diseñó para Pésaro «que yo alabo de muy excelente aquella fortificación para el lugar en donde está», conducen al estudio de las diversas posibilidades de diseño del baluarte canónico, empezando por un análisis detenido de las soluciones adoptadas en Pésaro y siguiendo por Florencia o Capua. Este debate sobre la fortificación canónica está sin embargo incompleto, ya que parece que la segunda parte de la *Apología* que versaba sobre la fortificación «canónica» que Escrivá aplicó en otras fortalezas napolitanas[52], no llegó a concluirse. Aun así Escrivá compara su diseño de casamata alta con tronera buzada y encapotada con dos tipos de casamatas en baluartes de los años treinta, las del modelo que él mismo ejecutó en L'Aquila con casamatas abovedadas y troneras superpuestas en perpendicular y las del tipo de la de Pésaro en Italia (o Fuenterrabía en España) con plazas bajas en los flancos, «que el belicoso Francisco María duque de Urbino en Pésaro o la santidad del Papa Clemente en Piacenza y otros no han querido que en la misma línea perpendicular, como aquí en perspectiva se figura, las dos defensas viniesen, mas han hecho dos líneas perpendiculares retiran-

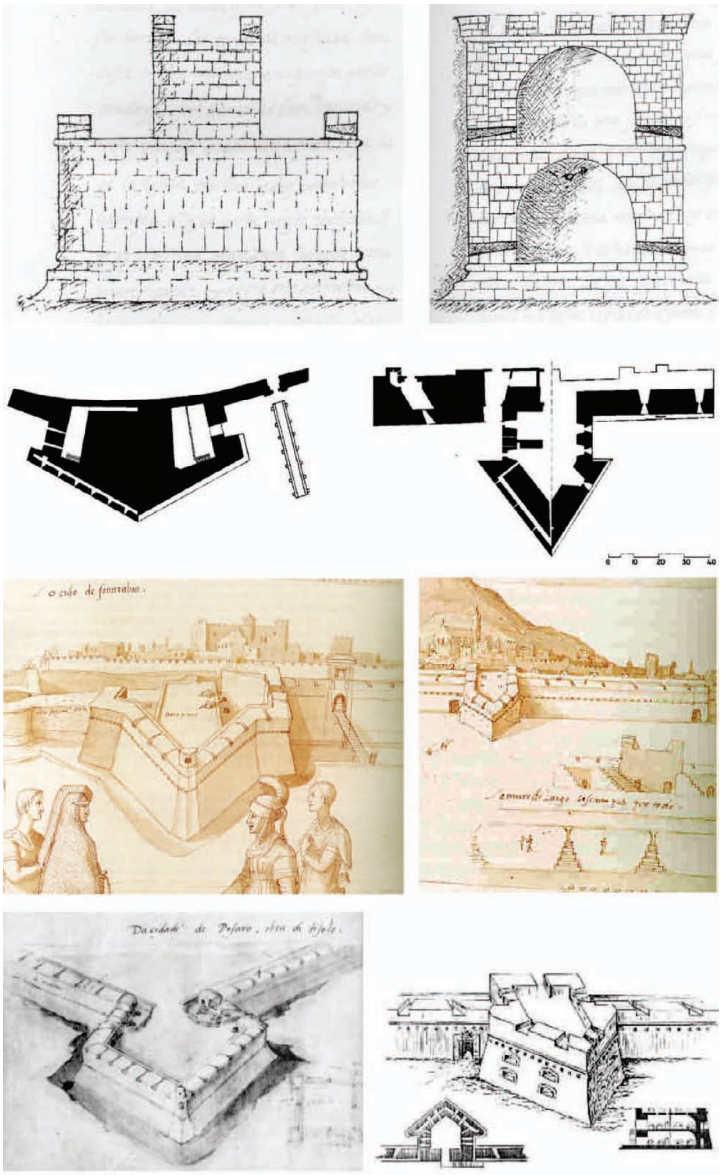


FIG. 12 De arriba a abajo: planos del tratado de Escrivá que representan el baluarte de casamatas bajas descubiertas y el de niveles abovedados, que en España se llama «cubo»; plantas a la misma escala del baluarte de La Magdalena en Fuenterrabía y del Cubo Imperial de San Sebastián con sus galerías a pie de escarpa, construidos en los años 30; dibujos de FRANCISCO DE HOLANDA de Fuenterrabía y San Sebastián de 1538; dibujo de FRANCISCO DE HOLANDA del baluarte de Pésaro e interpretación de SOJO Y LOMBA del Cubo Imperial de San Sebastián.

do la de encima atrás de lo que está la baja y dejando descubierto aquel espacio»[53]. Resulta interesante considerar que en las fuentes españolas de la época se llama cubo o torreón a los bastiones construidos de fábrica y baluarte a los construidos con terrapleno.

La *Apología* debate también sobre la presencia de dos o una tronera por nivel y flanco, objeto de discusiones entre los ingenieros coetáneos y posteriores; sobre la ventilación de las troneras; la necesidad de cubrir o no las plazas bajas, donde Escrivá avisa de los peligros del tiro de mortero que sería determinante en el asalto turco a La Goleta en 1574 y propone cubrir la mitad delantera de la plaza baja[54]; y, entre otros temas, sobre la utilidad de los orejones, «esos traveses cubiertos con que espantan a los niños en mi tierra»[55], en la defensa de las troneras del flanco.

Plantas y medidas ideales

Escrivá defiende la adecuación de la forma al lugar incluso para la planta triangular de Ferramolino en La Goleta, y advierte (posiblemente con mucho cinismo) «que no has de pensar que yo de mi parte la alabo porque la figura triangular sea buena para usar en esta materia, que antes la tengo por la peor y más impropia de cuantas se podrían pensar para en lugar igual y llano, más porque tengo por tan cierto como si lo viese que en el lugar donde está ninguna otra que ella se podría bien asentar»[56]. De hecho aprovecha su dura crítica de la planta triangular para introducir dos ideas luego generales en tratados posteriores:

— Deben evitarse los ángulos agudos en las puntas de los baluartes, y a mayor número de lados del polígono principal resultan menos agudos las puntas de los baluartes, «que como los ángulos vendrían a ser obtusos, tanto menos punta y más obtusa los turriones suyos tendría»[57].

— La distancia desde el flanco a la punta del baluarte opuesto (la línea de defensa en trazados del XVII) no debe superar el alcance efectivo de un arcabuz, «sin salir del orden que la puntería demanda», en contra de la opinión de los tratadistas posteriores que emplean el alcance del cañón como medida para dar mayor dimensión a las cortinas. Esto debe ser así porque permite al enemigo cubrirse con poca trinchera y «repugna a ello la medida que conviene a la verdadera defensa que no ha de ser más lejos que cuanto puede tirar de puntería una simple escopeta o arcabuz y esto es porque no se debe constreñir ni limitar la fortificación a que solamente piezas gruesas la puedan defender»[58]. Esta será, por otro lado, la postura que defenderán los militares españoles durante todo en el siglo XVI y en 1598 repetirá el mismo argumento Rojas en su tratado[59], «porque en distancia tan grande pasarán con una trinchera muy baja y así mismo no hará efecto la mosquetería y mucho menos el arcabuzería que no es pequeño inconveniente porque, como dicho es, la defensa principal de una plaza es la mosquetería».

En el prolijo capítulo CXVI de la *Apología* [FIG. 13] una solución de planta cuadrangular se compara con una planta poligonal de siete lados asumiendo que sea «para lugar llano e igual» y trazadas de forma que el cuadrado exterior de la primera ocupa la misma su-

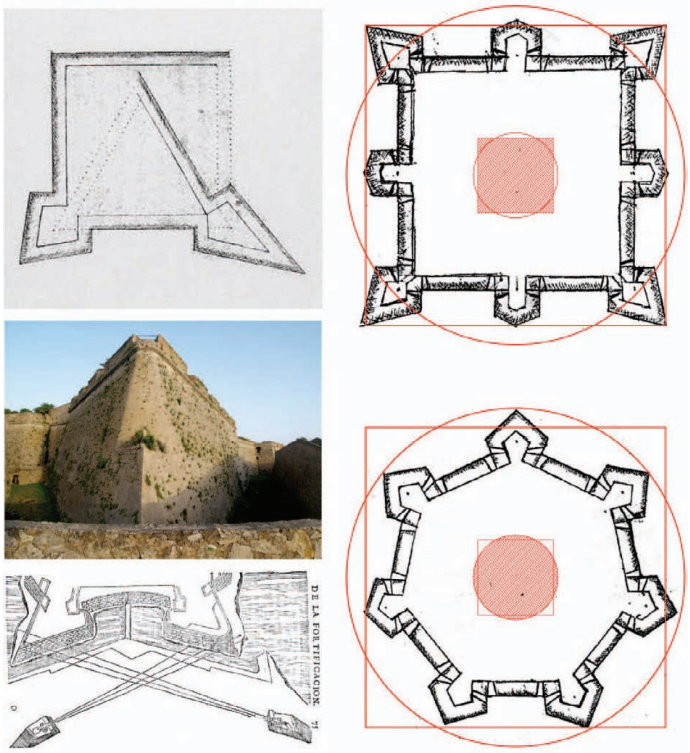


FIG. 13 A la izquierda, de arriba a abajo: ESCRIVÁ, demostración en el tratado de 1538 de cómo con menor número de lados de un polígono resulta un baluarte más agudo y con las puntas más débiles; Forte Filipo, 1557 (Presidios Españoles de la Toscana), donde se observan las puntas redondeadas; ROJAS, solución de puntas redondeadas para evitar su fragilidad cuando, por diseño, es imposible hacerlas menos agudas, en su tratado de 1598. A la derecha: FERNANDO COBOS ESTUDIO ARQUITECTURa, análisis del tratado de Escrivá de 1538, diseño de una fortificación cuadrangular y de una heptagonal a partir de un cuadrado y un círculo de igual superficie, respetando que la línea de defensa no sea mayor que el alcance de un arcabuz.

perficie que el círculo que circunscribe la segunda. La planta heptagonal se define para el alcance del fuego de la época («que las defensas no fuesen más ni menos distantes que en la planta cuadrilatera») y Escrivá plantea así que no existe una planta reconocible como ideal o más perfecta por tener 4 o 5 o 6 lados, ya que el número de lados (o de baluartes) depende sólo del tamaño de la plaza, ya que la distancia entre baluartes es un dato fijo.

> «Si el spatio que tienes en animo de comprehender es de grandeza tal que con quatro defensas se puede convenientemente defender sin sallir de la orden que se requiere al termino que la punteria demanda, deve hazerse la figura quadrilattera [...] Mas por ventura si quissieses hazer un fuerte de un campo/ o de un pueblo/ o de cosa semejante [...] quantos mas lados le pudiesse hazer por mejor la ternia, pues la grandeza del lugar fuesse tal que qualquiere dellos huviesse de tener otra tanta distancia del un angulo al otro como las defensas en el llano de la cortina del cuadrangulo dixe que devrian tener...»

Escrivá señalaba para este caso que, ocupando el mismo espacio, la heptagonal aventaja a la cuadrada por que «como los angulos vernian a ser obtusos, tanto menos punta y mas obtusa los turriones suyos ternian y cada un turrion ternia las cortinas suyas y los turriones compañeros mas favorables y en ayuda suya de lo que ternian los turriones de los angulos del quadro»[60]. Observe el lector que el diseño con siete lados presenta ángulos rectos en las puntas de los baluartes. Pocos capítulos antes ya afirmaba ser «más fuerte el ángulo recto que no el agudo» y por tanto, buscando un diseño más perfecto[61], la figura de más de cuatro lados estaba ya obligada cuando argumentaba que para cualquier polígono «de cualquier natura que sea, siempre el turrión que en él se pone viene a ser más agudo de lo que el ángulo de sí era»[62].

LA INFLUENCIA DE ESCRIVÁ

FIG. 14 Vistas aéreas de tres fuertes de defensa de bahías desde puntos elevados: el de Porto Ercole (Italia), de JUAN MANRIQUE DE LARA, 1557; el de San Felipe, Setúbal (Portugal), de FRATÍN, 1581; y el de Santiago (Cuba), de ANTONELLI, 1637.

Podemos diferenciar dos tipos de influencias generadas por la obra de Escrivá; una casi inmediata derivada de su diseño para San Telmo y otra, más dilatada en el tiempo, que es el resultado de la aplicación de las teorías que contiene su tratado. Respecto a la primera podría decirse que el Escrivá que construye L'Aquila o San Telmo es –junto con Sangallo y pocos más– uno de los últimos «inventores» de soluciones personales de fortificación en el periodo experimental y su diseño para San Telmo tuvo desde el principio tantos detractores como seguidores. En los años 40 del siglo XVI los ingenieros de la Corona hispánica, empezando por el capitán general de la artillería Luis Pizaño, desarrollan proyectos atenazados en Rosas y Colliure en la frontera catalana, en Bujía, (Argelia), en Malta, en los presidios españoles de la Toscana… [63]. Aparecen incluso soluciones atenazadas en los diseños para Mazagão o en los proyectos no ejecutados totalmente de Olgiatti para Milán o de Calvi para Ibiza, pero «el optimismo de la traza italiana» que caracteriza al periodo entre 1550 y 1574 y la poca importancia que las ideas de Escrivá tienen para la tratadística italiana de esos años harán que se dejen de usar hasta que, con la caída de La Goleta en 1574, los modos atenazados vuelvan, impulsados fundamentalmente por Vespasiano Gonzaga y Cristóbal de Rojas. Hay de hecho dos «modelos» de fuertes donde la influencia de Escrivá se extiende hasta el siglo XVII: los fuertes costeros «de morro» y los fuertes de montaña; es decir aquellos donde la irregularidad del terreno impide plantear soluciones regulares con baluartes, donde es imposible seguir un modelo predefinido y donde sólo es válido conocer y aplicar los principios de la fortificación y no los modelos[64].

Escrivá había dicho «***Yo no presumo hazer ley de por mi para que otros la hayan de seguir si no les viene a proposito…, que como ningun lugar hay que totalmente sea como el otro, asi variamente se deven las fortalezas a los lugares acomodar***».

Esta adecuación al lugar, por encima de cualquier consideración de modelo o escuela, es la base de la teoría incluida en el tratado. Escrivá muestra a las claras cómo entendía él el debate que conducía al diseño final de una fortaleza desde la elección del lugar y desde el pragmatismo del diseño de la traza, que será «buena por ser de pocas lineas contenida, porque de pocas defensas tiene necesidad y poca gente la guarda, porque menos circuytu tiene y assi con poca fabrica se haze y poca costa y poca artilleria se defiende y sostiene»[65].

FIG. 15 Comparativas de cortina llana y tijera en el tratado de ESCRIVÁ, y diseños de morros de la fortificación hispánica. De izquierda a derecha por columnas: traza de San Telmo de Malta, propuesta del tratado de ROJAS en 1598, maqueta y vista aérea del fuerte de Santa Catalina de Cádiz diseñado también por ROJAS; vista aérea del morro de San Juan de Puerto Rico y planta del Morro de La Habana; vistas actuales de los castillos de Blavet en Port Louis (Francia) y Natal (Brasil), de finales del siglo XVI; dibujo de 1575 del fuerte de Mazalquivir en Orán.

En 1574, con la revisión de las fortalezas españolas con la que se inicia el periodo del «escepticismo práctico», Vespasiano Gonzaga proponía una solución atenazada adaptada al terreno para el fuerte de Mazalquivir (Argelia) y criticaba los proyectos de un ingeniero también italiano, Juan Bautista Antonelli. Sus argumentos puramente técnicos muestran la pervivencia de esta crítica heterodoxa enfrentada a la rígida ortodoxia del modelo italiano. Dos frases de Gonzaga ilustran el fondo del debate; la primera, en carta al duque de Alba desde Orán:

> «a Juan Bautista le parecía que si no era en la forma canónica y con baluartes no se podía fortificar»

y la segunda, más conocida y contundente, en carta a Felipe II:

> «por que el arte es justo que se acomode y sirva a la naturaleza en estos lugares pero es dolencia de ingenieros no saber fortificar sin baluartes y casamatas y usar del compás»[66].

Será justamente a partir de 1574 cuando los postulados del tratado de Escrivá vuelvan a ser tenidos en cuenta. Si en 1538 la *Apología* podía considerarse el primer tratado que

aborda la fortificación moderna desde sus claves técnicas y es, desde luego, el primer tratado sobre fortificación abaluartada, también podría afirmarse igualmente que el Escrivá autor de la *Apología* es el primer heterodoxo de la fortificación moderna. El hecho de que, planteando casi todos los temas de debate que se evidenciarán en los años sucesivos, no proponga modelos a seguir y sólo proponga reflexiones críticas sobre principios generales de fortificación, es al tiempo la principal virtud y el más importante «defecto» que le ha hecho tan inaccesible a la comprensión de la historiografía moderna y le hizo menos popular en su época. Durante el periodo del «optimismo de la traza italiana», el bastión de plazas bajas descubiertas que ya veíamos hacia 1530 en Candia, Pésaro, Roma o Fuenterrabía se aplicará como modelo universal sin distinción de lugar, país o situación. La figura regular y la falsa discusión sobre la planta ideal ignoraron los principios establecidos por Escrivá para la dimensión de la línea de defensa, la orientación de las puntas de los baluartes o la protección de troneras y casamatas, convenciendo a la Monarquía, tratado a tratado, de la existencia de modelos universalmente válidos e inexpugnables. El desastre de La Goleta será el fin de este sueño y los tratados hispánicos de finales del siglo XVI y principios del XVII (Rojas y Medina Barba en Madrid, Lechuga y Busca en Milán) no volverán a caer en esos errores, recuperando muchas de las ideas de Escrivá (y no puede ser casualidad que sea precisamente Busca el que reconozca a Escrivá como uno de los primeros tratadistas).

Cuando en los últimos años hemos intentado caracterizar la fortificación española que desde el Mediterráneo se extiende por América[67], hemos definido esta a partir de tres características:

— **ecléctica** (incorpora experiencias de todos los escenarios bélicos en que se sitúa la influencia o los dominios hispánicos);
— **heterodoxa** (antepone siempre la naturaleza del lugar y las limitaciones estratégicas a la reproducción de modelos pre-establecidos);
— **escéptica** (niega, por su eclecticismo y su heterodoxia, la existencia de modelos o sistemas universalmente perfectos e inexpugnables).

Sólo así podemos definir una forma de fortificar que por su dispersión geográfica y cronológica es imposible caracterizar desde la reproducción de modelos propios de lugares o modas concretas. Pero estas características, reconocibles en la fortificación hispánica hasta finales del siglo XVIII, siempre como contrapeso de épocas donde las formas canónicas italianas o francesas se intentaron imponer[68], ya estaban formuladas magistralmente en el tratado de Escrivá, que abiertamente renuncia a proponer fortalezas perfectas o inexpugnables, amparándose sólo en soluciones heterodoxas y diversas en función de la naturaleza del lugar:

> «que habiendo de ser la verdadera arquitectura una música bien acordada, como Vitrubio quiere, no hallo forma ni remedio alguno con el que pueda en este caso librarme de tropezar y para mí la más sabia cosa que para esto pienso que se podría hacer sería despertar el ingenio y mirar muy bien antes de edificar la disposición del lugar y la facultad y forma que tiene para fortificarse... y repartir los defectos y no hacer que todos caigan a un cabo... ya que sin estos es imposible estar»[69].

NOTAS

1. C. PROMIS: *Della vita e delle opere degl'italiani scrittori di artiglieria, architettura e meccanica militare*. Turín, 1843. Entre otras.
2. L. A. MAGGIOROTTI: *L'opera del genio italiano all'estero. Gli architetti militari.* Roma, La Libreria dello Stato, 1939.
3. Re-estudiar a Francesco di Giorgio podría ser un ejemplo perfecto para ver cómo las influencias en el campo militar viajaban antes de Nápoles a Milán que de Milán a Nápoles.
4. J. ARÁNTEGUI: *Apuntes históricos sobre la* artillería *española en los siglos XIV y XV*. Madrid, Tip. de Fontanet, 1887-1891; E. MARIÁTEGUI (Ed.): *Apología en excusación y favor de las fábricas del Reino de Nápoles; por el Comendador Scribá.* Madrid, Imprenta de Memorial de Ingenieros, 1878; F. DE SOJO Y LOMBA: *El capitán Luis Pizaño: estudio histórico-militar referente a la primera mitad del siglo XVI*. Madrid, Imprenta de Memorial de Ingenieros, 1928.
5. F. COBOS: «La fortificación española del primer Renacimiento: entre la arqueología de la arquitectura y la arquitectura de papel», en *Actas del Congreso Internacional Ciudades Amuralladas*. Pamplona, Gobierno de Navarra, 2005.
6. F. COBOS: *Las escuelas de fortificación hispánicas en los siglos XVI, XVII y XVIII*. Segovia, Asociación Española de Amigos de los Castillos, 2012.
7. La nómina de militares expertos en fortificación que actuaron de ingenieros cobrando como militares es amplia: Ramiro López, Antonio San Martín, Diego de Vera, Tadino di Martinengo, Antonello de Trani, Pedro de Alarcón, Escrivá, Luis Pizaño y casi todos los capitanes generales de artillería posteriores, igualmente personajes como Bernardino de Mendoza, Vespasiano Gonzaga o Tejada. Entre los ingenieros que sirven a la Corona en los primeros años del siglo XVI es raro encontrar ingenieros que no sean militares con rango (Benedeto de Rávena, Ferramolino entre los primeros italianos y entre los españoles, Pedro Prado, Juan Bautista de Toledo y el más importante pero más tardío Cristobal de Rojas.
8. Las referencias siguientes a la *Apología* y a la biografía de Escrivá proceden de nuestra edición anotada y comentada en F. COBOS, J. J. DE CASTRO y A. SÁNCHEZ-GIJÓN: *Luis Escrivá, su Apología y la fortificación imperial*. Valencia, Generalitat Valenciana, 2000.
9. F. COBOS: «Dessins de fortification dans "Os desenhos das antigualhas" du portugais Francisco de Holanda (1538-1540)», en Actas de las jornadas de estudio *Atlas militaires manuscrits européens*. París, Musée des Plants-Reliefs, 2004.
10. F. COBOS: «La formulación de los principios de la Fortificación abaluartada», en M. SILVA: *Técnica e ingeniería en España: El Renacimiento*, Zaragoza, Institución Fernando el Católico, 2004, p. 431.
11. G. BUSCA: *Dell'architettura militare*, Milán, G. Bordone & P. M. Locarni, 1601.
12. F. COBOS, J. J. DE CASTRO y A. SÁNCHEZ-GIJÓN: *op. cit.*
13. E. MARIÁTEGUI: *op. cit.*
14. Novela sentimental o disputa de amores que publica en Venecia en 1537.
15. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo LXVI.
16. F. COBOS (coord.): *La artillería de los Reyes Católicos*. Salamanca, Junta de Castilla y León, 2004; F. COBOS, J. DE CASTRO: «Salsas y la fortificación de transición española», *Revista Castillos de España*, nº 110-111, Madrid, 1998; F. COBOS: «Los orígenes de la escuela española de fortificación del primer renacimiento», en *Artillería y fortificaciones en la Corona de Castilla durante el reinado de Isabel la Católica, 1474-1504*. Madrid, Ministerio de Defensa, 2004, pp. 224-267; J. J. DE CASTRO: «Los ingenieros reales de los Reyes Católicos. Su nuevo sistema de fortificación», en *Artillería y Fortificaciones en la Corona de Castilla durante el reinado de Isabel la Católica, 1474-1504*. Madrid, Ministerio de Defensa, 2004, pp. 320-383.
17. F. COBOS: «Leonardo ingeniero y su contexto: Una guía de lectura crítica del Códice Madrid II», en *Los Manuscritos de Leonardo da Vinci de la BNE: Codex Madrid I (Ms. 8937)* y *Codex Madrid II (Ms. 8936) Primera edición crítica y edición facsímil,* Madrid, 2009.
18. A. GAETA: «A tutela et defensa di quisto regno», en *Il castello a mare di Palermo, Baldiri Meteli e le fortificazioni regie Sicilia nell'età di Ferdinando il Cattolico (1479-1516): protagonisti, cantieri, maestranze.* Palermo, Qanat, 2010.
19. F. COBOS: «... quien a mi rey no obedeciera de mi se guardara, La arquitectura militar española con Fernando el Católico (1474-1516)», en Actas del Congreso *L'architettura militare nell'età di Leonardo*. Locarno, Casagrande, 2008; J. J. DE CASTRO, A. CUADRADO: «Las fortificaciones de la Corona Hispánica en el Mediterráneo durante los siglos XVI-XVII (1492-1700)», en *Actas del IV Congreso de Castellología.* Madrid, Asociación Española de Amigos de los Castillos, 2012, pp. 57-74.
20. J. J. CASTRO FERNÁNDEZ, A. CUADRADO: *op. cit.*
21. F. COBOS, J. J. DE CASTRO y A. SÁNCHEZ-GIJÓN: *op. cit.*
22. Navarro, uno de los mejores capitanes e ingenieros de Fernando el Católico, se había pasado al servicio de Francia en 1512. La labor de Navarro en Italia al servicio de Francia no ha sido suficientemente estudiada. Preso de los españoles en Nápoles entre el 22 y el 26, fue capturado nuevamente en el 1528, y moriría preso en Nápoles.
23. J. EBERHARDT: *Das Kastell von L'Aquila. Il castello di L'Aquila*. Amministrazione Provinciale, L'Aquila, 1994, p. 130.
24. Es la opinión que se defiende por Sánchez-Gijón en la edición de la *Apología* que hicimos en 2000.
25. En enero de 1543 el ingeniero Librán que trabaja en Bujía, siguiendo un diseño de Pizaño de un fuerte atenazado curiosamente, remite unos diseños suyos a la Corona asegurando que él era tan buen ingeniero como lo eran «el Martinengo, el comendador Escrivá, Francisco María de Viterbo, Juan María Lombardo (Olgiatti) el barón de Acaja y Ferramolino». F. COBOS, J. J. DE CASTRO: «El debate en las fortificaciones del Imperio y la Monarquía Española. 1535-1574», en *Las fortificaciones de Carlos V*. Madrid, Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, 2000.
26. Desde que lo publicamos en 2000 (F. COBOS, J. J. DE CASTRO y A. SÁNCHEZ-GIJÓN: *op. cit.*, p. 254) la autoría de Prado como seguidor de los diseños de Escrivá se ha ido reforzando (J. J. CASTRO FERNÁNDEZ, A. CUADRADO: *op. cit.*).
27. Fecha en que es sustituido en sus cargos de L'Aquila (J. EBERHARDT: *op. cit.*).
28. Según un documento napolitano que vio Carlos Hernando cuya referencia no tengo.
29. F. COBOS, J. J. DE CASTRO: «El debate...», *op. cit.,* y J. J. CASTRO FERNÁNDEZ, A. CUADRADO: *op. cit.*

30. Ver a modo de síntesis F. COBOS: «Una visión integral de las escuelas y los escenarios de la fortificación española de los Siglos XVI, XVII y XVIII», en *Actas del IV Congreso de Castellología*. Madrid, Asociación Española de Amigos de los Castillos, 2012.
31. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo CLXIV.
32. Cartas del virrey Pedro de Toledo de marzo y mayo de 1534 otorgando a Escrivá plenos poderes para hacer la obra. (J. EBERHARDT: *op. cit.*, pp. 199 y siguientes).
33. J. EBERHARDT: *op. cit*.
34. En general toda la fortificación del periodo hispano en Nápoles, Sicilia, Córcega y el Estado de los Presidios de la Toscana necesita de una nueva lectura, más compacta y menos localista.
35. FERNANDO COBOS ESTUDIO ARQUITECTURA: *Estudio e interpretación histórica y constructiva de la fortaleza de L'Aquila, Italia,* Ministerio de Cultura, 2013 (Inédito).
36. Las bóvedas «en viaje» de los pasillos diagonales del acceso a casamatas, características de la cantería española pero muy poco frecuentes en Italia.
37. En la *Apología* de 1538, Escrivá llega a proponer que sólo haya una tronera por flanco, y aunque lo normal durante el siglo XVI fue colocar dos, el diseño de Calvi en Ibiza, por ejemplo, hace el mismo juego que L'Aquila, cerrando el ángulo de la tronera más exterior y, en el frente más expuesto, coloca sólo una (F. COBOS, A. CÁMARA: *De la fortificación de Yviça*, Ibiza, Editorial Mediterrània Eivissa, 2008).
38. F. COBOS: «Dessins...», *op. cit*.
39. Ver referencias más amplias en F. COBOS y J. J. DE CASTRO: «Diseño y desarrollo técnico de las fortificaciones de transición españolas» y «El debate en las fortificaciones del imperio y la monarquía española», en *Las fortificaciones de Carlos V*. Madrid, Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, 2000. Y especialmente en F. COBOS: «La formulación..», *op. cit*.
40. Ver F. COBOS: «Dessins...», *op. cit*.
41. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo XXXIIII y comentario en pp. 62 y 63 en la edición anotada ya citada.
42. Ver nuestro comentario a la *Apología* en la edición citada p. 121 y A. SÁNCHEZ-GIJÓN: «Los presidios...», *op. cit.*, p. 635.
43. Archivo General de Simancas, MP y D. VIII-63. Existe otro plano (AGS. MP y D. XIX-107) fechado en 1539 por aparecer en un legajo de ese año, sin referencia documental alguna y que nosotros creemos que tiene que ser muy posterior, ya que es un calco del plano de 1552 y está rotulado como «*traça del fuerte que se hizo en Malta*», cuando está documentado que la obra se hizo bastante más tarde de 1539.
44. F. COBOS y J. J. DE CASTRO: «El debate…», *op. cit.*, p. 253.
45. «*... escoger el sitio de san Telmo* (de Malta)*… con poca guarda podais encerrar y poseer gran sitio …y tomando toda la montaña no podeis ser combatido sino por la frente y en ella se estrecha el monte mas que por ninguna otra parte y por esta causa viene a ser la fabrica menor y tomando la toda no podeis ser ofendidos por los lados ni por las espaldas*» … F. COBOS y J. J. DE CASTRO: «El debate…», *op. cit.*, p. 254.
46. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo CXXXXII.
47. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo XXX.
48. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo XXX.
49. La desagradable costumbre turca de disparar su artillería al tiempo de realizar los asaltos, aunque ocasionaba millares de bajas propias, impedía a los sitiados cualquier intento de defensa que no procediera de troneras bien protegidas. Sobre estos asaltos ver F. COBOS, J. J. DE CASTRO: «Diseño y desarrollo...», *op. cit.,* pp. 262-64.
50. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo CXVIII.
51. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo XXXXVI.
52. «*... las otras fábricas que has ordenado en este reino* (L'Aquila, Capua…) *que has hecho en un cabo todo lo contrario que en otro*» le reprocha el vulgo al inicio de la incompleta segunda parte de la *Apología*.
53. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo LV.
54. «*... cuanto para cumplir con la falta de dicho andén era necesario*» justifica Escrivá en el capítulo IV de la segunda parte de la *Apología*, en una solución que remite a una de las características más extrañas del baluarte de la Magdalena construido en 1530 en Fuenterrabía (ver F. COBOS, J. J. DE CASTRO: «Diseño y desarrollo...», *op. cit.,* pp. 233-36).
55. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo LXXXIV.
56. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo CXVI.
57. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo CXVI.
58. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo CIV.
59. C. DE ROJAS: *Teoría y Práctica de la fortificación,* Madrid, Luis Sánchez, 1598, parte segunda, p. 34.
60. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo CXVI.
61. En la preferencia del ángulo flanqueado recto se adelanta cien años a Antoine de Ville.
62. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo LXXXXVI, en un argumento al que años después volverá Tartaglia.
63. F. COBOS, J. J. DE CASTRO, A. SÁNCHEZ GIJÓN: *op. cit*.
64. La lista de fortalezas es muy amplia: los morros de Blavet, Coruña, Cádiz, Mazalquibir, Habana, Santiago, Puerto Rico, Belem, Río; los fuertes de Setúbal, Rosas, Colliure… Ver F. COBOS: «Las fronteras marítimas de la Monarquía hispánica y los Antonelli: entre el Mediterráneo y América», en *Las fortificaciones de los Antonelli en Cuba, siglos XVI-XVII*, Barcelona, Ministerio de Defensa, 2013.
65. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo XVII y VI, respectivamente.
66. Sobre estos debates ver F. COBOS, J. J. DE CASTRO: «El debate...», *op. cit.,* p. 266, y F. COBOS: «Pallas y Minerva, Militares e Ingenieros en la Corona Española en el Siglo XVI», en Actas del Congreso *Fortezze d'Europa,* L'Aquila, Soprintendenza per i Beni Architettonici, 2003.
67. F. COBOS: «Una visión...», *op. cit*.

68. F. COBOS: «Enginieers, teatrises and fortification proyects: a transfer of experiencies betwen Europe and America» en *The Fortified Heritage: a Transaltlantic Relationship*. Alcalá de Henares, Universidad de Alcalá, 2001; F. COBOS: «La formulación de los principios de la Fortificación abaluartada», en M. SILVA (coord.): *Técnica e ingeniería en España: El renacimiento*, Zaragoza, 2004, y F. COBOS: «La Fortificación Española en los siglos XVII y XVIII: Vauban sin Vauban y contra Vauban», en M. SILVA (coord.): *Técnica e ingeniería en España. Tomo II. El Siglo de las Luces*. Zaragoza, Institución Fernando el Católico, 2005.

69. P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, capítulo CIV (ver nota 86 en la edición anotada y comentada en F. COBOS, J. J. DE CASTRO y A. SÁNCHEZ-GIJÓN: *op. cit.*, p. 159).

BIBLIOGRAFÍA

J. ARÁNTEGUI: *Apuntes históricos sobre la artillería española en los siglos XIV y XV*. Madrid, Tip. de Fontanet, 1887-1891.

G. BUSCA: *Dell'architettura militare*, Milán, G. Bordone & P. M. Locarni, 1601.

J. J. DE CASTRO: «Los ingenieros reales de los Reyes Católicos. Su nuevo sistema de fortificación», en *Artillería y Fortificaciones en la Corona de Castilla durante el reinado de Isabel la Católica, 1474-1504*. Madrid, Ministerio de Defensa, 2004.

J. J. DE CASTRO, A. CUADRADO: «Las fortificaciones de la Corona Hispánica en el Mediterráneo durante los siglos XVI-XVII (1492-1700)», en *Actas del IV Congreso de Castellología*. Madrid, Asociación Española de Amigos de los Castillos, 2012.

F. COBOS: «Engineers, teatrises and fortification projects: a transfer of experience between Europe and America», en P. CHIAS Y T. ABAD (eds.): *The Fortified Heritage: a Transatlantic Relationship*. Alcalá de Henares, Universidad de Alcalá, 2001.

— «Pallas y Minerva, Militares e Ingenieros en la Corona Española en el Siglo XVI», en Actas del Congreso *Fortezze d'Europa*. L' Aquila, Soprintendenza per i Beni Architettonici, 2003.

— «La formulación de los principios de la Fortificación abaluartada», en M. SILVA (coord.): *Técnica e ingeniería en España: El renacimiento*. Zaragoza, Institución Fernando el Católico, 2004.

— (Coord.): *La artillería de los Reyes Católicos*. Salamanca, Junta de Castilla y León, 2004.

— «Dessins de fortification dans "Os desenhos das antigualhas" du portugais Francisco de Holanda (1538-1540)», en Actas de las jornadas de estudio *Atlas militaires manuscrits européens*. París, Musée des Plants-Reliefs, 2004.

— «La fortificación española del primer Renacimiento: entre la arqueología de la arquitectura y la arquitectura de papel», en *Actas del Congreso Internacional Ciudades Amuralladas*. Pamplona, Gobierno de Navarra, 2005.

— «La Fortificación Española en los siglos XVII y XVIII: Vauban sin Vauban y contra Vauban», en M. SILVA (coord.): *Técnica e ingeniería en España. Tomo II. El Siglo de las Luces*. Zaragoza, Institución Fernando el Católico, 2005.

— «... quien a mi rey no obedeciera de mi se guardara. La arquitectura militar española con Fernando el Católico (1474-1516)», en Actas del Congreso *L'architettura militare nell'età di Leonardo*. Locarno, Casagrande, 2008.

— «Leonardo ingeniero y su contexto: Una guía de lectura crítica del Códice Madrid II», en *Los Manuscritos de Leonardo da Vinci de la BNE: Codex Madrid I (Ms. 8937)* y *Codex Madrid II (Ms. 8936) Primera edición crítica y edición facsímil,* Madrid, 2009.

— «Una visión integral de las escuelas y los escenarios de la fortificación española de los Siglos XVI, XVII y XVIII», en *Actas del IV Congreso de Castellología*. Madrid, Asociación Española de Amigos de los Castillos, 2012.

— *Las escuelas de fortificación hispánicas en los siglos XVI, XVII y XVIII*. Segovia, Asociación Española de Amigos de los Castillos, 2012.

— «Las fronteras marítimas de la Monarquía hispánica y los Antonelli: entre el Mediterráneo y América», en *Las fortificaciones de los Antonelli en Cuba, siglos XVI-XVII*, Barcelona, Ministerio de Defensa, 2013.

— «Los orígenes de la escuela española de fortificación del primer renacimiento», en *Artillería y fortificaciones en la Corona de Castilla durante el reinado de Isabel la Católica, 1474-1504*. Madrid, Ministerio de Defensa, 2004.

F. COBOS, A. CÁMARA: *De la fortificación de Yviça*. Ibiza, Editorial Mediterrània Eivissa, 2008.

F. COBOS, J. J. DE CASTRO: «Salsas y la fortificación de transición española», *Revista Castillos de España*, nº 110-111, Madrid, 1998.

— «El debate en las fortificaciones del Imperio y la Monarquía Española. 1535-1574», en *Las fortificaciones de Carlos V*. Madrid, Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, 2000.

— «Diseño y desarrollo técnico de las fortificaciones de transición españolas» y «El debate en las fortificaciones del imperio y la monarquía española», en *Las fortificaciones de Carlos V.* Madrid, Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, 2000.

— «Los ingenieros, las experiencias y los escenarios de la arquitectura militar española en el siglo XVII», en *Los ingenieros militares de la monarquía hispánica en los siglos XVII y XVIII*. Madrid, Ministerio de Defensa, 2005.

F. COBOS, J. J. DE CASTRO y A. SÁNCHEZ-GIJÓN: *Luis Escrivá, su Apología y la fortificación imperial*. Valencia, Generalitat Valenciana, 2000.

FERNANDO COBOS. ESTUDIO ARQUITECTURA: *Estudio e interpretación histórica y constructiva de la fortaleza de L'Aquila, Italia,* Ministerio de Cultura, 2013 (Inédito).

J. EBERHARDT: *Das Kastell von L'Aquila degli Abruzzi, und sein Architekt Pyrrhus Aloisius Scrivá,* Aachen, 1970.

— *Das Kastell von L'Aquila. Il castello di L'Aquila*. Amministrazione Provinciale, L'Aquila, 1994.

P. L. ESCRIVÁ: *Apología*, Nápoles, 1538.

A. GAETA: «A tutela et defensa di quisto regno» en *Il castello a mare di Palermo, Baldiri Meteli e le fortificazioni regie Sicilia nell'età di Ferdinando il Cattolico (1479-1516): protagonisti, cantieri, maestranze.* Palermo, Qanat, 2010.

L. A. MAGGIOROTTI: *L'opera del genio italiano all'estero. Gli architetti militari.* Roma, La Libreria dello Stato, 1939.

E. MARIÁTEGUI (ed.): *Apología en excusación y favor de las fábricas del Reino de Nápoles; por el Comendador Scribá.* Madrid, Imprenta de Memorial de Ingenieros, 1878.

C. PROMIS: *Della vita e delle opere degl'italiani scrittori di artiglieria, architettura e meccanica militare*. Turín, 1843.

C. DE ROJAS: *Teoría y Práctica de la fortificación.* Madrid, Luis Sánchez, 1598.

F. DE SOJO Y LOMBA: *El capitán Luis Pizaño: estudio histórico-militar referente a la primera mitad del siglo XVI*. Madrid, Imprenta de Memorial de Ingenieros, 1928.

Volver al índice

3
De Tartaglia a Lechuga. El ingeniero artillero

JUAN LUIS GARCÍA HOURCADE
Catedrático de Instituto
Académico de la Real Academia de Historia y Arte de San Quirce

INTRODUCCIÓN

Del ingeniero renacentista, en cualesquiera de sus posibles categorizaciones, se ha dicho que le caracteriza su formación teórica elitista y estética. Al artillero, por el contrario, se le considera eminentemente un técnico práctico, cuyo arte consiste en resolver problemas que atañen al ataque y defensa sea en la batalla o en los sitios.

Sin embargo, el progreso notable de la artillería a partir del siglo XVI tendrá consecuencias fundamentales para la actividad de los ingenieros, de modo que se dará un flujo de información sobre las necesidades y avances en una y otra actividad que hará considerar a muchos de los protagonistas del progreso y la evolución del «arte de la guerra» como ingenieros y artilleros simultáneamente.

No obstante, no es exactamente lo mismo un ingeniero de formación arquitectónica que un artillero que por razones de necesidad deviene ingeniero para inspeccionar o dirigir fortificaciones, aunque las fronteras entre unos y otros y de ambos con los maestros de obras, los maquinistas o maquinarios, los maestros en aparatos bélicos… etc., son muy cercanas y permeables y entre todos promoverán unas relaciones entre la teoría y la experiencia que resultarán muy interesantes de analizar. Porque la relación entre teoría y experiencia está en la base de la constitución de la nueva ciencia que alborea en el Renacimiento y culminará en el XVII, aunque lo que sea «experiencia» y su relación con los distintos saberes de ingenieros y artilleros no es la misma, como se verá.

La experiencia se juzgará cada vez más necesaria para la elaboración del discurso teórico, pero, a su vez, el enfoque y tratamiento matemático de los problemas prácticos irá paulatinamente considerándose como indispensable en la formación tanto ingenieril como artillera.

Esta aparición de la «experiencia» en las meditaciones y ocupaciones renacentistas es parte de una nueva mirada global por parte de los «humanistas» a los «oficios mecánicos», algo que facilitó el inicio del nuevo tipo de saber, aquel que no reniega de la experiencia, aunque reclame el conocimiento matemático como ideal. Para su establecimiento definitivo será también necesario que el cisma platónico entre cielos y Tierra, entre matemáticas y física, se agrietara lo suficiente como para dar cabida a la materia, pesada, burda y cercana, en las consideraciones y tratamiento matemáticos. La sentencia bíblica «todo lo hizo el Señor con número, peso y medida» (Eclesiastés, Libro de la Sabiduría, 11:20) aparecerá en tratados o ilustrando frescos renacentistas (de la Biblioteca de El Escorial, por ejemplo), con carácter reivindicativo (o constatador) de unas relaciones entre teoría y experiencia que traen a la materia como una nueva variable.

Ello venía sucediendo desde el siglo XIV no solo por el imparable ascenso y cercanía de los oficios y talleres que comenzaban a llenar los burgos, sino también por la crítica aristotélica realizada desde las universidades.

Así, el ingeniero renacentista, teoricista y con inclinaciones estéticas, que ha estudiado a Platón, Arquímedes, Euclides, Vitruvio..., es una personalidad polifacética, a menudo un humanista a caballo entre el científico, el artista y el técnico, que requerirá de que le bajen los pies a tierra: Cristóbal Lechuga en su *Tratado de la Artillería y de Fortificación* incluye al final un epígrafe que titula «A los ingenieros» en el que puede leerse: «... porque el principio de los Ingenieros es saber todas las cosas de fábricas, tanto militares como políticas, solo por líneas y demostraciones, sin experiencia alguna», y justifica las recomendaciones que les hace en un radical «la ciencia, por grande que sea, sin la experiencia no les vale para que a sus obras, estimaciones y pareceres se dé crédito».

Al artillero, por el contrario, le sobra experiencia. Es más, casi solo tiene experiencia. Le falta formación teórica y solventar esa carencia será tan perentorio o más que hacerlo con las que presentaran los ingenieros. Las academias prácticas de Burgos y Barcelona, la Cátedra de Cosmografía de la Casa de Contratación de Sevilla y, sobre todo, la Real Academia de Matemáticas serán las primeras instituciones que lo pretenderán, para unos y otros.

Pero aparece una asimetría del mayor interés entre ingenieros y artilleros: la experiencia en la ingeniería militar valdrá, y se reivindica, para mejorar la eficiencia en la fortificación, pero el «arte» manipulativo y práctico que era la artillería, basado en la práctica de campo, será quizás el elemento fundamental en la entronización de la «experiencia material» en las disquisiciones teóricas sobre el movimiento que se desarrollan sobre todo a lo largo del siglo XV, pues el «problema del tiro», que constituía una parte central del proceso de erosión de la filosofía aristotélica, cobró una nueva dimensión con el mejoramiento de las armas de fuego y los progresos artilleros.

Aunque hay que decir, es verdad, que tal objetivo estaba fuera de las miras guerreras, por lo que los progresos en la filosofía natural y el debate sobre la crisis y superación del aristotelismo son ajenos a los tratados artilleros.

La *Nova Scientia*, de Nicolo Tartaglia, es el primer tratado en el que se pretenden resolver desde una perspectiva teórica los problemas prácticos artilleros, sobre todo los referentes al tiro, con lo que se le considera el iniciador de la ciencia de la balística. Y lo que pretendo aquí es presentar, a partir de este primero, los tratados más importantes que abordan este tema escritos por artilleros-ingenieros españoles.

Todos ellos se ocupan de lo que «lo debe saber un artillero». Todos hablan de fundiciones, pólvoras, fuegos artificiales, minas, disposición táctica, calibres, cureñas, transporte… y, claro, del problema del tiro, de sus características y alcances así como de la posibilidad de mejorar en el acierto en el blanco.

Son estas cuestiones relativas a la balística a las que me limitaré, pues no solo es donde se dan mayores diferencias en el tratamiento y soluciones, sino que son las que permitirán valorar la contribución de los tratadistas españoles al establecimiento de la nueva ciencia de la cinemática y, por ende, a la Revolución Científica del Renacimiento.

LOS TRATADISTAS Y LOS TRATADOS

Nicolo Tartaglia y la «Nova Scientia» (1537)

La obra de Tartaglia, como se da cuenta en la epístola dedicatoria al duque de Urbino, tuvo su origen en la cuestión que le propone, en Verona en 1531, un amigo íntimo y peritísimo «*bombardiero*» de cómo debe apuntarse una pieza de artillería para que su alcance sea máximo. Aunque declara no tener ninguna experiencia práctica en cuestiones artilleras, después de «masticar y rumiar» la cuestión, le presentó la conclusión y demostración con razones naturales y matemáticas de que tal máximo alcance se lograría con un tiro de elevación de 45º. A partir de una apuesta sobre alcances y elevaciones con dos «*bombardieri*» en el año 1532, Nicolo Tartaglia se decidió a estudiarlo más detenidamente, lo que finalmente le llevó a las consideraciones de todo tipo que presenta en la *Nova Scientia*.

La estructura en cinco libros (de los que solo publicará tres), cada uno de los cuales tiene definiciones, suposiciones, proposiciones y corolarios, es decir un esquema lógico que quizás intentara reproducir el deductivo de los *Elementos* de Euclides, obra que fue traducida por Tartaglia al italiano.

Tartaglia empieza por considerar solamente el movimiento de lo que él define como «cuerpos igualmente graves» (Libro I, def. I), que serían los que «por la gravedad de su materia y a consecuencia de su forma, no son susceptibles de experimentar una oposición sensible del aire a su movimiento». Los cuerpos en los que él piensa son los proyectiles de la artillería, sean de hierro, plomo o piedras, y de forma esférica.

Esos cuerpos de los que se tratará pueden estar animados por dos tipos de movimiento: «natural», que lo empuja de modo sucesivamente más veloz hacia abajo en línea recta, y «violento», que es el que le proporciona cualquier artefacto que le haga moverse en otra dirección que no sea la vertical descendente.

A Tartaglia no le interesa la cuestión filosófica que había sido –y era en los medios académicos– la pregunta «*a quo moventur proiecta*», es decir, qué o quién mantiene en movimiento violento un cuerpo proyectado «*contra natura*», y por ello no aparecerán en su obra nociones dinámicas del movimiento usadas por los filósofos, como el ímpetu, por ejemplo. A Tartaglia, tal como hemos visto en las motivaciones que le llevaron a escribir su *Nova Scientia*, le movía la resolución de una cuestión práctica propuesta por los artilleros de la época.

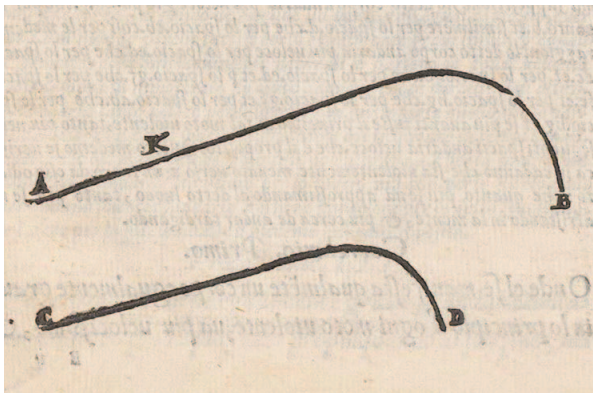


FIG. 1 *Nova Scientia* por NICOLO TARTAGLIA, Primer Libro, Proposición IIII.

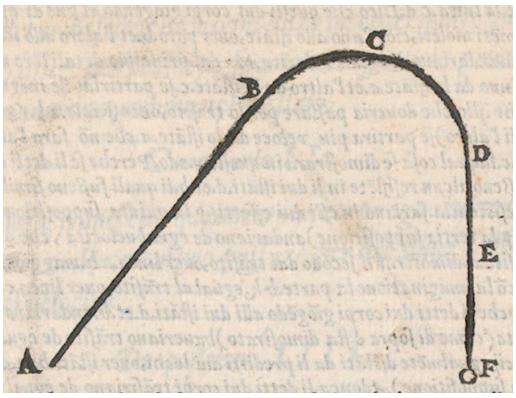


FIG. 2 *Nova Scientia* por NICOLO TARTAGLIA. Primer Libro, Proposición V.

Establece Tartaglia que en el movimiento natural un cuerpo igualmente grave va tanto más deprisa cuanto más se aleja del principio de su movimiento (o se acerca a su final) y por tanto su velocidad varía constantemente, «no pudiendo ser igual en dos momentos distintos de su recorrido».

En cuanto al movimiento violento, sus propiedades son exactamente las contrarias: cuanto más se aleja del principio, del motor causa de la violencia que le ha proyectado (o se acerca a su final) más lentamente se mueve (Proposición III).

Por tanto, los cuerpos afectados por un movimiento violento, tampoco tienen en ningún par de puntos distintos de su trayectoria una misma velocidad (Corolario II de la Proposición III), pero, sea cual sea su velocidad inicial, su velocidad final será la misma (Proposición IV), aunque el que haya recorrido mayor distancia, habrá partido con una mayor velocidad.

De todo lo anterior establece que dos proyectiles lanzados con un mismo ángulo pero con velocidades distintas, tendrán trayectorias similares exactamente a partir del momento en el que el más rápido haya bajado su velocidad hasta la inicial del más lento (en los puntos «K» y «C» la velocidad sería la misma). [FIG. 1]

En cuanto a la forma concreta de la trayectoria, parte de la incompatibilidad de los dos movimientos simultáneamente en un mismo cuerpo (Proposición V), es decir, lo que se consideraba un movimiento «mixto» por algunos autores de la época, y ello, razona, porque tal cosa significaría que la posesión del «natural» le haría incrementar la velocidad, mientras que la simultánea posesión del «violento» la haría disminuir, lo que parece que repugna a la razón.

Por tanto, la trayectoria vendrá dividida en tres tramos (aunque coherentemente deberían ser solamente dos): violento recto, violento curvo y natural rectilíneo, justificando el tramo curvo en el Segundo Libro, Suposición II, donde indica que la «pesantez» que continuamente opera sobre el cuerpo haría que la parte rectilínea del movimiento violento no fuera en realidad tal, sino que se iría curvando paulatinamente, pero considera que tal desviación de la recta será tan menor que aparecerá imperceptible a los sentidos y, por tanto, se puede no tener en cuenta, siendo «aquella que es evidentemente curva» parte de una «circunferencia de círculo». [FIG. 2]

Y como se había anunciado en la Proposición VII del Segundo Libro, se deduce que las trayectorias con ángulos iguales serán proporcionales, así como las distancias reco-

rridas, lo que significa que las distancias alcanzadas serán proporcionales a las velocidades iniciales. [FIG. 3]

En las Proposiciones VIII y IX obtiene los resultados más predictivos. Explica que la misma distancia horizontal puede alcanzarse con dos inclinaciones distintas (esto, dice, permite alcanzar objetivos defendidos por un parapeto que impida su visión, pero cuya distancia a la pieza artillera conocemos), lo que finalmente le permite deducir que el alcance mayor corresponde a la elevación de 45º, que es 10 veces mayor que el del tiro horizontal, siendo la parte rectilínea del violento, aproximadamente 4 veces la del tiro horizontal (llamado por los «*bombardieri*» tiro «*di punta in bianco*»).

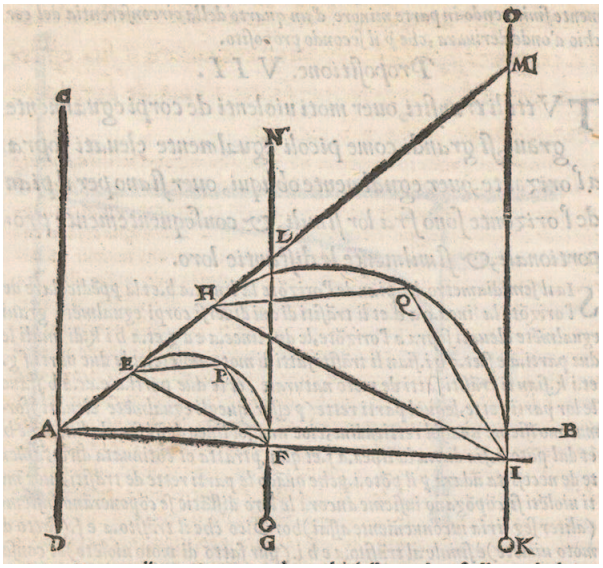


FIG. 3 *Nova Scientia* por NICOLO TARTAGLIA. Segundo Libro, Proposición VII.

El corolario con el que termina el Segundo Libro establece que el tramo recto de la parte violenta del movimiento será consecuentemente mayor por aquella con la que tenga un mayor alcance, es decir, la de 45º.

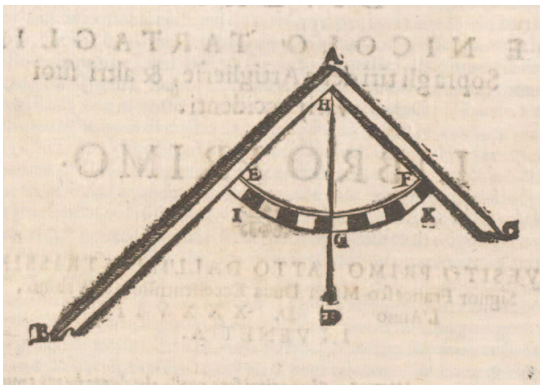
El Tercer Libro se dedica a indicar los modos en que pueden medirse distancias y alturas de lugares inaccesibles con el instrumento del cuadrante, dando la teoría del mismo, es decir, «la razón y causa de tal modo de operar».

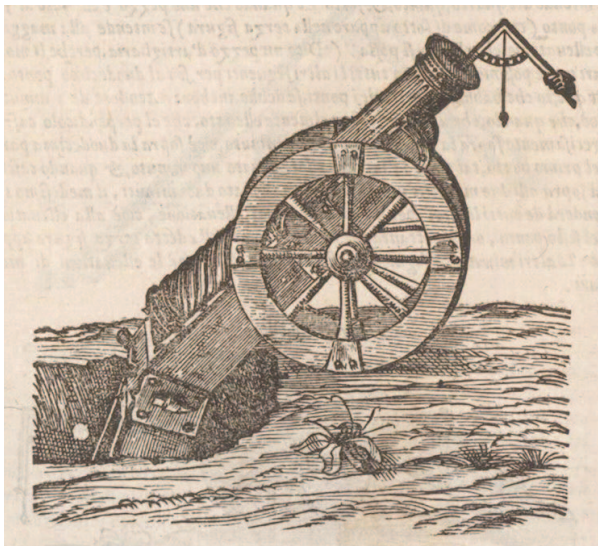
El Cuarto Libro estaba destinado a retomar problemas de tiro y Tartaglia había anunciado enseñar en él, para cualquier pieza de artillería, la proporción en el crecimiento y decrecimiento de los alcances en función de la inclinación del tiro, lo que le permitiría encontrar la variedad de los tiros en cada una de las piezas, sean grandes o pequeñas, mediante el conocimiento del resultado de un solo tiro.

Es decir, la posibilidad de elaborar unas tablas para cada pieza en las que se dieran sus alcances para cada elevación y carga. Y ello solo mediante el conocimiento experimental del alcance para un cierto ángulo y carga. Tal cosa significaría un avance sustancial en la práctica artillera y pondría de manifiesto el poder de la matemática aplicada a la artillería práctica. Pero nunca lo publicó.

Las «Quesiti et inventioni diverse» (1546)

Unos años después, en 1546, Tartaglia vuelve a tratar de balística en una nueva obra que, según declara en la dedicatoria, ha compuesto debido a las cuestiones que a «ilustrísimos y sapientísimos señores» les ha provocado la lectura de la *Nova Scientia*, así como las propias experiencias. La intitula *Quesiti et inventioni diverse* y consta de nueve libros en los que se trata de pólvoras, fortificación, forma de ordenar los ejércitos en la batalla... etc. Solo en el primero se abordan cuestiones propiamente de balística. Es pues algo ya más parecido en sus contenidos a un tradicional tratado de artillería.





FIGS. 4.1 y 4.2 *Quesiti et inventioni diverse* por NICOLO TARTAGLIA, Libro Primero, Cuestión Primera.

Toda la obra se presenta en forma de diálogo entre Tartaglia y varios personajes que le proponen cuestiones o preguntas (*quesiti*), siendo la primera de ellas propuesta por el duque de Urbino, a quien estaba dedicada la *Nova Scientia*, por lo que en el texto aparecen referencias a aquella obra como «*il vostro libro a me intitolato*».

La Cuestión Primera se inicia recuperando y volviendo a explicar la construcción y uso del «instrumento material» (*da noi ritrovato*) que ya figuraba en la *Nova Scientia*, la escuadra. La divide en 12 partes iguales, que denomina puntos y cada una de estas, a su vez, en otras 12 que llama minutos. Así, los 45º corresponderían a 6 puntos o 72 minutos. Sirviéndose de ella se establece el ángulo de tiro. [FIG. 4.1 y 4.2]

Y lo que explica en primer lugar es que, aunque está claro que el alcance de una bala aumenta progresivamente con cada punto de elevación, este aumento no es proporcional (una seria modificación a lo establecido en la *Nova Scientia*) pues, aduce, del 5º al 6º punto apenas se distinguen los alcances, sea «*per vigor della polvere, over per altro*». El máximo alcance se logra disparando por el 6º punto, y de ahí hasta el 12º disminuye. Como consecuencia de este descubrimiento, dice haber encontrado la «*specie di proportione*» con la que van aumentando los tiros (los alcances) y declara que con un solo tiro de la pieza que se quiera, se puede formar una tabla de todos los tiros que hiciera dicha pieza, punto por punto y minuto por minuto de la escuadra.

El anuncio de esta tabla, objetivo fundamental de la balística artillera, ya había sido hecho en el Prefacio de la *Nova Scientia* y anunciado para incluir en el Cuarto Libro, que nunca se publicó.

Tampoco ahora en las *Quesiti*... lo hace. Es probable que Tartaglia no la llegara a hacer y fuera un simple anuncio del método que habría encontrado. Hay que pensar que, tal como él mismo dice, la realización de la dicha tabla requería al menos un tiro conocido por pieza, lo que probablemente estuviera fuera de su alcance experimentar. También puede pensarse que su publicación sería dar conocimiento público a lo que podría ser considerado como «secreto de estado».

Tartaglia afirma de dicha tabla que cualquiera que estuviera en su posesión podrá disparar con precisión y que no será necesario que tal persona aprenda el secreto de su

construcción. Ante las dudas del duque de Urbino, debidas a que en la *Nova Scientia* había reconocido no tener experiencia alguna en tiros artilleros reales y que «aquellos que dan un juicio sobre algo de lo que no han visto el efecto, es decir, tenido la experiencia, la mayor parte de las veces se engañan, pues solamente el ojo es el que nos proporciona un testimonio verdadero de las cosas imaginadas», Tartaglia responde que «es cierto que los sentidos nos dicen toda la verdad, pero sobre las cosas particulares, mas no sobre las universales, porque estas son solo accesibles al intelecto y no a sentido alguno».

Se nos muestra Tartaglia en este diálogo como un hábil argumentador que deja sin respuesta al duque. Pero en el discurso de Tartaglia también se encuentra en germen la esencia de lo que metodológicamente será la Revolución Científica del Renacimiento: la experiencia es necesaria para la construcción de universales (generalizaciones, leyes), pero el acceso a estos no se deduce necesaria o mecánicamente de la propia experiencia, requiriéndose la capacidad, el conocimiento y la imaginación del científico. Una vez alcanzada la ley (el universal), esta trasciende los sentidos y nos enseña (muestra) cosas inaccesibles a estos directamente, aunque con posibilidad de ser puestas a prueba experimental. Es un ejemplo espléndido de cómo la dialéctica razón/experiencia, el sometimiento de la una a la otra y al revés, están en la base de la ciencia moderna desde sus tímidos inicios.

En la Cuestión Segunda, propuesta también por el duque de Urbino, se plantea qué será más conveniente, si disparar contra una fortaleza en alto desde una colina a su igual altura, o desde la base de la colina. [FIG. 5]

En la *Nova Scientia* (Libro Segundo, Proposición VIII) se establecía que la distancia que una bala atraviesa con movimiento rectilíneo y que recorre a más velocidad es más larga (para la misma cantidad de pólvora) que la que recorre «a tiro hecho» o «*punta in bianco*» (en las tradicionales expresiones artilleras de la época), es decir, en trayectoria horizontal, y no solo eso, sino que para una elevación de 6 puntos o 45º sería aproximadamente 4 veces más larga.

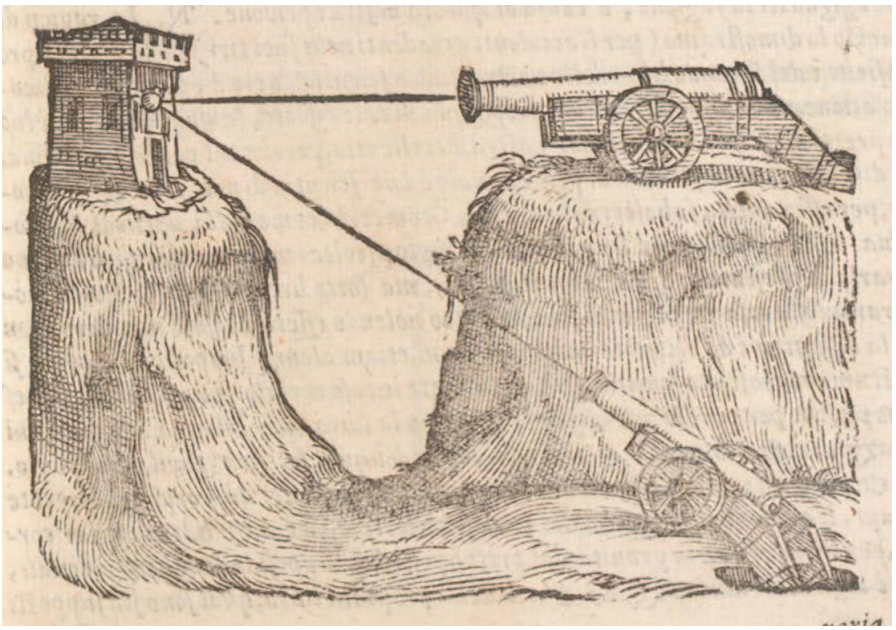


FIG. 5 *Quesiti et inventioni diverse* por NICOLO TARTAGLIA, Libro Primero, Cuestión Segunda.

Establecidos estos resultados se aborda la cuestión, eminentemente práctica (y con imaginables consecuencias guerreras inmediatas), propuesta por el duque. Y lo hace como sigue:

> Si suponemos que la distancia recorrida con trayectoria prácticamente rectilínea en un tiro horizontal es de, por ej., 200 pasos, la correspondiente también rectilínea para una elevación de 6 puntos será de 800. Conjeturemos que el cañón dispuesto en la colina a la misma altura que el objetivo se encuentra a una distancia recta de 60 pasos del objetivo. En tal circunstancia, la bala llegará a este con una velocidad que aún le permitiría recorrer otros 140 pasos.
>
> Para el cañón situado en la base de la colina, la distancia será mayor, pongamos de 100 pasos (sabiendo que el razonamiento se basa en la inclinación de 45º –aunque solo sea como ejemplo– Tartaglia podía haber propuesto una altura supuesta de la colina y, usando a Pitágoras, establecer la distancia oblicua de la pieza al objetivo). En este caso, la bala le alcanzará con una velocidad que aún le permitiría recorrer otros 700 pasos (800 – 100), es decir, mucho mayor que en el caso anterior y, por tanto su percusión sería mucho más intensa. Ahora bien, indica el mismo Tartaglia, si la distancia desde la colina fuese de 130 pasos y la del valle de 760, entonces el efecto mayor sería el de la bala lanzada desde la colina [(200 – 130) > (800 – 760)].0

Podemos sorprendernos de estos argumentos casi absurdos, pero es que aplicar las matemáticas a la naturaleza, y más en concreto a la ciencia del movimiento, es muy difícil y Tartaglia era el primero que lo intentaba, mezclando una geometría correcta con una dinámica lastrada por la filosofía aristotélica. Hasta que no se produjo el desprendimiento de esta de las mentes indagadoras, no pudo lograrse el tratamiento matemático correcto del movimiento. Pero eso sucedió con Galileo, casi cien años más tarde.

Ya en la Cuestión Tercera, que continúa siendo hecha por el duque de Urbino, se plantea una duda cuya explicación constituye una de las diferencias fundamentales con lo mantenido en relación al movimiento en la *Nova Scientia*. Dice el duque que en la argumentación anterior ha dicho (Tartaglia) que «*la balla sbocata che sia da un pezzo, mai va parte alcuna del suo motto per línea retta*». Y eso, añade, es cosa que no puede creer, pues concedería que no fuera totalmente recta la trayectoria horizontal de una culebrina de alcance 200 pasos, pero, al menos 100 de ellos, o 50, serían rectos. La contestación de Tartaglia no deja lugar a dudas y es radical y definitiva: «*non solamente la non tirara li detti passa 50 per línea perfettamente retta ma la non tirara un passo solo*».

Ante el comentario del duque, «*una paccia la vostra*», pues las balas llegan directamente al punto de mira, cosa que no ocurriría si no fueran en línea recta, le responde Tartaglia que nuestros sentidos, no son lo bastante agudos y precisos para distinguir la tensa curva del principio de la trayectoria de una línea recta, y argumenta de manera coherente e impecable [FIG. 6]:

> Supongamos que el total de la trayectoria se representa por la línea ABCD. Si fuera posible que en alguna de sus partes fuera totalmente recta, consideremos que sea la parte AB. Si dividimos esta en dos por el punto E, la bala atravesará más rápidamente la parte AE que la EB (Libro I, Prop. II de la *N.S.*). Pero por razones dadas con anterioridad, (la velocidad

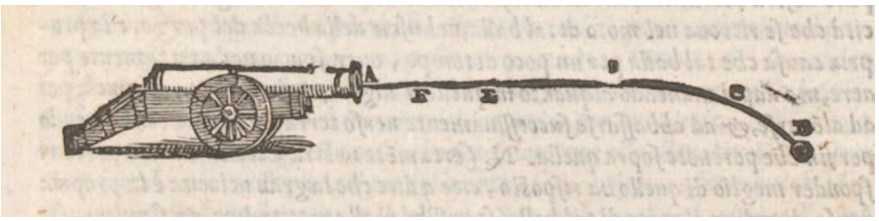


FIG. 6 *Quesiti et inventioni diverse* por NICOLO TARTAGLIA, Libro Primero, Cuestión Tercera.

> de la bala es lo que aligera al grave oponiéndose a que se curve la trayectoria cuya declinación aumenta con la disminución de velocidad, pues un cuerpo animado de un movimiento violento se hace tanto menos pesado cuanto más deprisa, y en consecuencia más rectamente, va por el aire, que le sostiene tanto más fácilmente cuanto más ligero es), a más velocidad corresponde más rectitud, con lo que el tramo AE será más recto que el EB, contrariamente a lo establecido de partida considerándole un tramo todo él recto. Así podríamos continuar dividiendo tramos sucesivos sin encontrar dos con la misma «rectitud».

Una respuesta y un argumento que podrían haber acabado con la teoría de los tres tramos teóricos existentes en las trayectorias de los movimientos violentos si su influencia en los medios académicos (más que en los artilleros) hubiera sido mayor, propiciando que filósofos naturales avanzaran más rápidamente en el proceso de erosión del aristotelismo, en el que la crítica a la teoría del tiro fue un punto de ataque esencial.

Continúan las Cuestiones planteando problemas prácticos artilleros hasta que llega la Cuestión XVIII en la que el Signore Iacomo de Achiaia le dice al autor que ha visto que «tirando sobre una muralla desde muy cerca no se hace un efecto tan gallardo como el que se consigue disparando desde una distancia más alejada», pero que según lo mantenido en la *Nova Scientia*, debería ser al contrario. La razón, dice Tartaglia cediendo en esta ocasión ante la experiencia vulgar, es que la bala expelida por el cañón empuja, junto a la ventosidad de la pólvora, una columna de aire que puede ser comparada a una viga, pero que se mueve mucho más lentamente que la propia bala, que, así, la atraviesa en muy poco tiempo. Pero si la pieza se coloca muy cerca del objetivo, la columna de aire, que no habrá tenido tiempo de expandirse y disiparse, llega a tocar el muro antes que la bala y, en su retroceso, opone una resistencia a la bala que debilita su velocidad y por tanto su efecto.

Tartaglia, sin ceder a la experiencia ingenua y acrítica de los artilleros, debería haber antepuesto la razón y negar la mayor. Pero, como ya se ha dicho, era demasiado pronto para establecer las correctas relaciones entre la experiencia desnuda y el acercamiento teórico matemático al tratamiento del movimiento.

Hasta aquí las bases que quedan establecidas por Tartaglia a mediados del XVI en torno a la balística. Veremos qué añaden o modifican los artilleros ingenieros.

Luis Collado de Lebrija y la «Platica Manual de Artillería» (1586)

Luis Collado de Lebrija, que llegó a ser nombrado ingeniero del Real Ejército de Lombardía y Piamonte, publicó en italiano (Milán, 1586) una *Platica Manual de Artilleria*, que ampliaría en la edición en castellano (Milán, 1592) y en la que declara que «no hay cosa en

ella scripta que de mi no haya sido experimentada». A lo largo de cinco tratados se exponen los saberes que son propios del artillero: la fundición de cañones y otras piezas, la fabricación de las pólvoras, el transporte e instalación de piezas, fabricación de minas… etc.

El Tratado Tercero está dedicado a «los diversos officios, y operaciones tocantes al exercicio, y platica del arte de la Artilleria, sin los quales seria imposible poder el Artillero exercitarla como deve en ninguna empresa». Sería, pues, lo más propio del saber artillero y se verá que es el problema del tiro, es decir, la balística. Lo que en él expone Collado le ha hecho aparecer ante muchos estudiosos como el primer crítico de Tartaglia. Pero veremos en qué términos lo hace y si tal honor es merecido.

En el Capítulo V, que trata de las elevaciones de los tiros de artillería, Collado critica a Tartaglia por autoproclamarse inventor de la escuadra como instrumento artillero y enuncia algo ya sabido, que «el más largo tiro que puede hacer una pieza de artillería es cuando está tan alta la boca que mira a la línea que según los astrólogos y matemáticos está 45º sobre el llano de nuestro horizonte» y «el tiro más corto es cuando la boca o ánima está nivelada». De todo ello da una explicación más bien bizarra («declararé de los efectos dichos la causa»):

> ... aquellas balas con la pieza nivelada hallan la salida fácil y el tránsito llano, y con facilidad extrema las expele y alcanza el fuego, pero dado que la naturaleza de la pólvora tocada por el fuego (encendida) ha de mostrar en un instante toda su potencia, hallándose oprimida (la pólvora) por la bala y el bocacho de hilacho o heno que a golpes del artillero calzó encima, entonces es más forzado el fuego y más procura evadirse de aquel empacho y abrirse camino por donde halla más fácil la salida y que es por la boca de la pieza. Y, por consiguiente, cuanto mayor sea la elevación, la bala se torna más rebelde y difícil de mover y el peso de la misma comprime más el fuego y más lo calza y por el mismo caso más oprimido se halla y mucho más usa de su potencia y expele mediante ella muy más lejos la bala.

Se cambian los elegantes y matemáticos argumentos arquimedianos sobre la ligereza de la bala de Tartaglia por unas extrañas y no experimentadas (ni probablemente posible de experimentar) consideraciones sobre la potencia motriz de la pólvora en función de su compresión.

En el Capítulo VI describe una prueba hecha por él mismo acerca de lo tratado en el capítulo anterior: tirando con un falconete de 3 libras de bala, encontró las siguientes distancias desde la nivelación hasta el 6º punto: 368, 594, 794, 954, 1010, 1040 y 1053.

A partir del 6º punto comienzan a disminuir, corroborando su presupuesto inicial con gran contento («que por no fastidiar a los lectores con tanto número, dejaré de especificarlos todos»), y enuncia que con la razón del falconete dicho, en todas las otras piezas hallará el mismo efecto, aventajándose los tiros el uno al otro.

Y finaliza: «callen pues Gerónimo Rucelio y Nicolo Tartaglia, y callen los demás autores sin fundamento alguno, ni experiencia, quieren que sabidos los pasos que una pieza tiró por el primer punto, se sepan los que tirará por cualquier otro, investigando las diferencias de los tiros por las reglas del guarismo, lo cual jamás harán verdadero».

Collado parece sostener que lo que acaece con el falconete (el aumento del alcance con la elevación del tiro) es resultado general, pero, al mismo tiempo, quizás incapaz de

reconocer en los alcances una secuencia no evidente, declara la imposibilidad matemática de descubrir la ley del aumento del alcance con la elevación que permita conocer a partir de una sola el alcance para cualquiera de ellas, tal como había enunciado (aunque, bien es verdad, sin mostrarlo) Tartaglia.

En el Capítulo XXII relata Collado sus experiencias en apuestas con artilleros acerca del alcance de diversos tiros, poniendo de manifiesto, en realidad, el desconocimiento generalizado por parte de los artilleros prácticos y caballeros de las reglas que relacionan el alcance y la elevación.

Y en el Capítulo XXXVI trata y defiende que desde un alto el alcance será siempre mayor (para la misma carga y elevación de la pieza) que desde el pie de dicha altura, y sobrepasará al del pie en tanto sea la altura desde la que se tira. Esa diferencia de alcances (igual a la diferencia de alturas) no está justificada de manera alguna; la razón que ofrece carece de fundamento matemático o filosófico, y tampoco se basa en la experiencia.

Si pensamos que de este libro se hicieron reediciones en 1606 y, sobre todo, en 1641, podremos darnos cuenta del lento progreso en la aplicación de la matemática a la naturaleza que, a pesar de lo que pudiera parecer, se daba en la milicia.

Diego de Álava y Viamont y el «El Perfecto Capitán instruido en la disciplina militar y nueva ciencia de la Artillería» (1590)

Es caso curioso este, pues el que, en mi opinión, es el más serio tratado renacentista español en lo que a balística toca, está escrito por un jurista de profesión, hijo, eso sí, del que fuera Capitán General de Artillería, y que reconoce haber estudiado matemáticas más por imposición de su padre que por gusto propio. El caso es que lo hizo en Salamanca con Jerónimo Muñoz (catedrático por aquel entonces de Astrología y matemático de prestigio reconocido) y parece que le cundió, a juzgar por lo que se verá.

Su *Perfecto Capitán* se publicó en 1590 y contiene seis libros en los que, de nuevo, se ofrece un panorama de los conocimientos que se reconocía eran necesarios a la práctica de la artillería. Los Libros Quinto y Sexto, se dedican a la balística y en ellos se hace un repaso de las teorías de Tartaglia, de las que hace uso, pero a las que considera en algunos puntos erróneas.

El título de Libro Quinto, «En el que se trata de todos los instrumentos necesarios para el uso de la artillería y del modo de hacer tablas para tirar con ella conforme a la doctrina de Nicolo Tartaglia», es una afirmación de la posibilidad de la fábrica de tablas de tiro y un reconocimiento de su débito con Tartaglia.

Y enseguida entra en materia con una cuestión conocida, ¿cuál es la razón de que, cogiendo vuelo, la pieza alcance más?, a la que da respuesta en los mismos términos que hiciera Tartaglia, remitiéndose a razonamientos de la estática arquimediana: «cualquier cuerpo grave, cuanto más se desvía del punto de igualdad, tanto se hace más ligero (como se verá en las balanzas...)». Es decir, las piezas que lanzan inclinadas (en las que la bala está alejada de su punto de igualdad), ganan ligereza (sus balas) respecto de las que lo hacen de «punta en blanco», por lo que con la misma impulsión es capaz de alcanzar más.

Da esta razón como verdadera causa, basada en la filosofía natural, conocimiento que opone al de los prácticos, cuya única explicación es decir que ello sucede «porque así se

halla por experiencia». Una experiencia ausente de «especulación o teórica» que también critica en otro apartado al considerar que el alcance máximo se dará para la elevación de 45º, cosa que no parece ser tenida por cierta en la experiencia artillera.

Álava presenta así un tipo de «experiencia» que no produce sino error, la califica de «escudo de ignorantes» y tiene su origen en que los que así opinan «están desacostumbrados a todo lo que es arte y especulación».

En el Capítulo II, describe la escuadra, admitiendo su invención por parte de Tartaglia (cosa que no hacía Collado) y pasa a explicar cómo construir una tabla para tirar con cualquier artillería, según la variedad de las alzas. Lo hace a partir de dos suposiciones, que dice ser de Tartaglia: el mayor alcance se da a los 45º de elevación («por la altura del punto sexto») y que a variaciones iguales de la elevación se corresponderán con variaciones iguales del alcance. Aquí Álava se aleja de la crítica de Collado en relación a esta igualdad de proporciones, lo que hacía en base a experimentación práctica, y construye sus tablas partiendo del logro de Tartaglia del alcance máximo como 10 veces el que se hace por el horizonte y llevando a cabo simples reglas de tres, acorde con la proporción directa admitida.

Extiende además Álava estas tablas a las que hayan de servir para cualquiera otra pieza, mediante las mismas simples proporciones y basándose en las de los alcances. Finaliza el capítulo con el recuerdo de que «todo lo dicho hasta aquí se funda en los principios de Tartaglia que se refirieron al principio y de cuya verdad no se duda».

Pero, sorprendentemente, el Capítulo III lo titula: «Donde se reprueba la primera suposición de Nicolo Tartaglia». Para ello se ayuda de Gerónimo Muñoz, que ha hecho experiencias con piezas largas y cortas, lo que le ha llevado a concluir que la proporción entre el alcance máximo y el horizontal no es universal y que la proporción es mayor para las piezas cortas que para las largas (lo que justifica por el aprovechamiento peor de la pólvora en las cortas para tiros bajos). Y concluye que para cada pieza hay que hacer dos tiros y a partir de ahí sacar la proporción (¡manteniendo las variaciones iguales para cada variación igual de elevación!) y construir una tabla para cada pieza, que sería bueno grabar en la misma al salir de la fundición y ser probada.

Álava muestra aquí cortas miras sobre la capacidad de alcanzar universales y recurre a la empiria más tradicional que no se acompaña de teoría ni especulación, disimulando esta desconfianza en un sometimiento a la experiencia, que como venimos viendo es ambivalente, pero mantiene algo que Tartaglia había abandonado en las *Quesiti* (que por tanto Álava parece no haber leído), es decir la proporcionalidad directa entre elevaciones y alcances.

Trata a continuación de las trayectorias e intenta reprobar lo establecido por Tartaglia. El título de este punto no puede ser más ambicioso: «Se reprueba la opinión de Tartaglia en todo lo que escribió en su Nueva Ciencia». Anuncia que aunque lo tratado hasta el momento es asequible a cualquier artillero con algunos conocimientos de aritmética, a partir de ahora solo lo podrá ser para quien esté muy versado, por lo menos, en los seis libros de Euclides. Y ello, afirma, para que se deduzca que podrá hablar de cosas que comúnmente se tratan entre artilleros sin aprovecharse de experiencia ajenas, pues «pocos meses que se gasten en entender este arte con los fundamentos necesarios, son de más efecto, para el uso de la artillería, que 20 años de soldadesca, por cuanto más noble es la ciencia que la experiencia desnuda de los requisitos que es necesario que la acompañen».

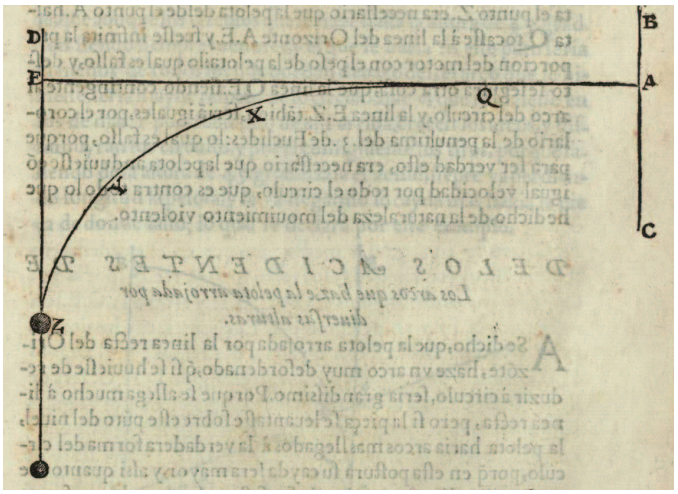


FIG. 7 *El Perfecto Capitán instruido en la disciplina militar y nueva ciencia de la Artilleria* por DIEGO DE ÁLAVA Y VIAMONT. Libro Quinto.

Una declaración adecuada a la perspectiva de la nueva ciencia y las relaciones entre la razón y la experiencia que sitúa a Álava en la línea de los creadores más prestigiosos de la nueva perspectiva científica.

Admite Álava la tridivisión de la trayectoria, pero establece una incorrección del italiano: la parte curva de la misma, no es parte de una circunferencia. Lo hace con la ayuda de Euclides y un razonamiento análogo al que Tartaglia usó en las *Quesiti* para probar que la trayectoria no podía ser en ningún punto una recta [FIG. 7]:

> Si el punto Q representa el punto donde comenzó a tener sensible proporción el peso de la pelota con el ímpetu del motor (donde comienza, pues, a inclinarse la trayectoria, que, dicho sea, Álava no discute que sea perfectamente recta hasta ese punto), entonces, dado que más ligeramente se mueve de Q a X que del X hasta el Y, es necesario que el camino QX sea menos oblicuo que el que hay desde X hasta Y, lo que hace imposible que el punto X y el Y sean puntos de un mismo arco. Y, asimismo, pues más ligera va la pelota de X a Y que de Y a Z, menos oblicuo será uno que otro, de donde se sigue que no puede ser que el arco QZ sea parte de ningún círculo, «sino partes infinitas de infinitos círculos».

Esto sí que constituye una aportación teórica de Álava basada en consideraciones geométricas y de filosofía natural.

En el Capítulo IV calcula las cantidades de los arcos que hacen todos los proyectiles, conforme a lo que enseña Tartaglia, es decir, suponiendo que son parte de un círculo, y en contra de lo que acababa de probar en el capítulo anterior; la dificultad del tratamiento matemático de curvas que eran como él mismo dijo «partes infinitas de infinitos círculos», le ha llevado a suponer que cuanto más alto se apuntase más se asemejará la curva a la redondez del círculo, y así tratar geométricamente el problema como si tal fuera, es decir, según la equivocada suposición de Tartaglia.

A partir de ahí, abandonada la crítica a Tartaglia, es más, «suponiendo como Tartaglia», Álava calcula las cantidades que corresponden al «tramo recto violento» de la bala («no hay duda de la existencia del tramo recto –o muy próximo a él– durante un trecho, y por tanto esto será más verdad cuanto mayor fuese la inclinación, pues si se tira derecho al cénit todo el camino violento vendría a ser línea recta, por lo que aproximándose a este, más camino recto se dará, siempre que el peso de la pelota tuviese insensible proporción a la furia del fuego») y establece que sabiendo la proporción entre los alcances

del tiro horizontal y el de 45º puede hacerse, y lo demuestra geométricamente, el cálculo de la parte recta, con resultados coincidentes sensiblemente con Tartaglia de 4 veces la parte recta del oblicuo sobre el horizontal y 10 veces el total del alcance de uno sobre otro. Pero es normal que llegue a este resultado (más de 50 años después), pues Tartaglia era un consumado matemático y si se usan sus mismos presupuestos filosóficos y geométricos era de esperar la corrección de sus resultados.

Sin embargo finaliza diciendo que aunque las demostraciones son concluyentes, dado que los principios en que se basa (los de Tartaglia) no lo son, solo servirán para facilitar el uso de la artillería, el camino para saber las proporciones en los tiros.

Se pasa entonces al Libro Sexto («En el que se reprueba la doctrina de Nicolo Tartaglia y se enseña la verdadera con las demostraciones en que se funda y lo que se ha de seguir para hazer tablas para el uso de la Artilleria»).

En esta parte Álava discute y reprueba la teoría de la proporcionalidad uniforme de los alcances con la elevación y demuestra los fundamentos de cómo hacer las tablas asociando la proporción no a la elevación, sino al seno recto de la misma, indicando el modo de hacer las tablas que podrían ser usadas para tiros con cualquier pieza.

Comenta, no obstante, que para las piezas en las que se probara que el tiro de 45º fuera de alcance 10 veces el del tiro horizontal, podrán seguirse utilizando las tablas primeras, lo que nos indica la inseguridad que a pesar de todo se mantenía en las consideraciones que se hacían y la debilidad de la experimentación en la que se basaban.

Estas nuevas tablas, sin embargo, suponen un avance cierto en el tratamiento matemático del alcance y se acercan a lo que finalmente sería la proporción correcta, el alcance dependiente del cuadrado del seno recto del ángulo de inclinación, lo que será un logro de Galileo. Para ello, sin embargo, como ya se ha dicho, habrá habido que abandonar los presupuestos de la filosofía natural sobre el tiro.

«Discurso en que trata de la Artilleria, y de todo lo necesario à ella, con un Tratado de Fortificación» (1610) de Cristóbal Lechuga

Vicente de los Ríos presenta a Lechuga como «consumado oficial de artillería y digno ingeniero», con lo que de nuevo nos encontramos con la brumosa distinción entre unos y otros. Y diría yo que fue más lo primero que lo segundo, por su trayectoria profesional y por su obra escrita, en la que muestra sus más seguros conocimientos, que se siente más capaz de defender y trasmitir en el campo de la artillería que en el de la específicamente ingenieril fortificación, a la que en este Tratado dedica solo el último de los 24 capítulos.

Lechuga es conocido en la historia de la artillería esencialmente por ser el promotor de la reducción de las clases de artillería a seis, introduciendo orden y rigor en la desordenada profusión de calibres, fijando los calibres de cañones de 150, 130 y 100 cm y de 120, 90 y 75 para la culebrina. También aconsejó un nuevo modo de fabricar pólvora, motivo de indagación éste fundamentalmente artillero.

Pero por lo que atañe a la perspectiva que se está presentando de la contribución de los artilleros ingenieros al nacimiento de la balística, interesa más otra de sus innovaciones, que puso en práctica con éxito llamativo en el sitio de Cambray (1595), y fue el acercar las baterías hasta prácticamente la contraescarpa de la fortificación de la ciudad, para

lo que hubo de resguardarlas bien hundiéndolas sobre el terreno, bien valiéndose de «faginas» o cestones de protección rellenos de tierra y ramas.

Cuando el propio Lechuga justifica teóricamente esta atrevida estrategia es cuando se nos presenta como quien pensó arriesgadamente contra la experiencia acrítica de los artilleros prácticos, pues Lechuga, y así lo expone en el Capítulo XVII de su Tratado, afirma que el tiro artillero tiene mayor efecto cuanto más cerca se encuentra del objetivo (ni Tartaglia, ni Collado, ni Álava habían roto con esta creencia no experimentada, e incluso la habían justificado con argumentos de la filosofía natural). Y ello, dice Lechuga, por experiencia hecha *ad hoc* y por razón, ya que «teniendo todos los movimientos violentos su mayor fuerza en el principio y lugar de donde parten, a partir del cual van perdiendo, poco a poco, hasta que se paran o finalmente caminan con movimiento natural», necesariamente había de aceptarse lo que dice si se acepta la naturaleza del movimiento violento.

Hace pues Lechuga lo que no se atrevió a hacer Tartaglia (o Álava, que criticaba tanto al anterior). Y ello por distinguir entre la experiencia vulgar, no cuestionada y aceptada por costumbre y la «experiencia» (que comenzaría así a ser «experimentación») llevada a cabo para corroborar o asentar fácticamente una razón. Se despacha Lechuga con los que han sostenido lo contrario y cita argumentos como el de Tartaglia (sin citarle a él mismo), tachándolos de «sueños y quimeras indignas de personas de juicio». Lo reitera en otro epígrafe del mismo capítulo al tratar de responder a la retórica pregunta de «cuán lejos de la muralla se debe poner la artillería», respondiendo tajante: «cuanto más de cerca mejor», pero complementa, «como tan cerca son peligros y el sitio no lo permite, conviene acomodarse lo mejor que se puede y ponerse lo menos lejos posible».

En mi opinión, esto constituye la más importante contribución de Lechuga no solo a la ciencia y arte artillero del «ataque de plazas» sino a la balística misma (la cinemática que será) al deshacer uno de los equívocos conceptuales que retrasaban los avances teóricos de la filosofía natural y la incipiente experimentación hacia la inercia.

Lechuga, en ocasiones, hace afirmaciones que no se molesta en probar o siquiera argumentar y que constituyen sorprendentes consideraciones sobre la naturaleza del movimiento. Por ejemplo, en un epígrafe en el que trata del alcance que se logra con balas mayores o menores, afirma, y lo da por cierto sin más argumentos, que «dejando caer, de igual altura, dos balas de hierro, una de una libra y otra de cinco, ambas llegarán al suelo con la misma velocidad y en un mismo tiempo». Y esto bastante antes de Galileo, añadiendo, «como la experiencia claramente lo demuestra».

Dice en otro epígrafe que la página de alcances que había mostrado eran los alcances mínimos para cada pieza que se indicaba, es decir, los correspondientes a tiros «hechos a nivel», pero que si se apunta con elevación (Lechuga ya había indicado la necesidad para todo artillero de conocer y usar la escuadra, que sucintamente describe) «se harán los tiros más largos, y tanto más cuanto más se irá alzando; y así podrá a cada punto de elevación crecer a razón del 12%».

No ofrece razón ni demostración. Significa asumir la proporcionalidad inicialmente propuesta por Tartaglia y criticada por Collado y Álava. Sería, eso sí, la manera más sencilla de poder construir «tablas de alcances», aunque él mismo escribe a continuación que «estas distancias no se dan por ciertas y determinadas, sino que se acercan mucho a la verdad, según he podido alcanzar de las experiencias que se han hecho».

Lo mismo que sucedió con su afirmación de la igualdad en la caída de dos graves de distinto peso, en otro epígrafe anuncia, de nuevo sin comentario ni demostración, que «si la pieza que dispara estuviese sobre un monte, perdido que hubiere la bala el tiro recto, (acepta pues el tramo violento-recto), no iría a hallar el plano a plomo, sino acabaría en alguna parte, o de hipérbola o de parábola, hasta que toda su violencia acabase».

¿De dónde saca Lechuga esta intuición de que el tramo violento curvo es una parábola o hipérbole? No da noticia.

En otra ocasión nos encontramos con el comentario que surge ante «lo que creen algunos», de que si se alejan de la señal, o tiran con menos pólvora, el tiro impactará más abajo que cuando tiene la pólvora y la distancia que le hace dar en el blanco con un tiro de «punta en blanco», y, al contrario, si se pone más pólvora o se acercan al blanco, se eleva el impacto, lo que para ellos probaría que «la bala no va por el espacio en línea recta, sino que traza un arco», o lo que es lo mismo, que a la salida de la boca del cañón va siempre bajando y declinando.

Dice Lechuga entonces que la mayor parte de los que han sustentado esa opinión lo han hecho siguiendo y fiándose del «falso parecer de Tartaglia» (parecería haber leído entonces las *Quesiti*) y que no le hubiera bastado más que recurrir a la experiencia para refutarla, pero «reserva para otro lugar el reprobar las razones de los que quieren que la bala salida del cañón, no pueda caminar, por espacio alguno, en línea recta».

Un punto ilustrativo de la apropiación indebida y uso libérrimo de la filosofía natural para acomodar al lenguaje de ésta apreciaciones personales que suenan a invención, es la explicación que ofrece a la cuestión, ya claramente dinámica, es decir explicativa y no descriptiva, en relación a «por qué se alargan los tiros y crecen en violencia cuanto más se alzan sobre el plano del horizonte». Dice Lechuga, tras esbozar muy someramente alguna de las causas que de común se ofrecen para explicar el hecho de experiencia enunciado, que «este lugar pedía un largo discurso de los movimientos naturales y violentos, y de la inclinación y repugnancia que hay de los unos a los otros», pero que por ser estas consideraciones de las que superarían lo que corresponde al Tratado, «bástenos por ahora saber...», y ofrece una extraña combinación de experiencia, intuición y vaga filosofía natural que se mezclan en toda la explicación de Lechuga que, hay que admitirlo, salvo las afirmaciones sobre la caída, la necesidad de acercar los tiros al objetivo y la forma de la parte curva de la trayectoria, nada añade a la práctica cuantitativa del tiro (tablas) ni a la teórica de la balística, en un momento en que ya se estaba preparando la solución definitiva.

Una mezcla de nociones sin cuya desaparición no podía alumbrarse una solución: una bala no alcanza más porque salga con más velocidad a medida que la dirección sea más oblicua (se podría pensar en los lanzamientos que no requieren pólvora, como las ballestas); los tratadistas estudiados se ven impelidos a esta creencia por razón de unir velocidad y alcance considerando el segundo como el resultado de la posesión de una «virtud movente» (ímpetu) que se va agotando: más alcance requiere más ímpetu, que, a su vez, requiere mayor velocidad y, en consecuencia, mayor vigor en la explosión proyectante. Esa es la cadena que lleva a tener que explicar en los términos en que Lechuga, y los demás, lo hacen.

Se necesitará la noción de inercia y la sumamente abstracta de «composición de movimientos», derivada de ella y del análisis de la relatividad del movimiento y la ausencia

de un espacio con lugares determinantes del movimiento, para dar una explicación cabal de todos los procesos balísticos y sus accidentes. Pero ello fue el resultado del trabajo de uno de los mayores genios de todos los tiempos, Galileo.

El «Tratado de la Artilleria y uso della» (1613), de Diego Ufano

Este Tratado, editado en Bruselas en 1613, del capitán Diego Ufano, ingeniero militar y artillero, está dividido en tres partes. Para nuestro interés, será de uso la parte segunda, en la que encontramos enseguida una variante de una cuestión tradicional planteada entre el propio Ufano y un general: ¿cuál tirará más largo por igual elevación, las piezas alojadas al pie de una torre o en la cima de ella?

El capitán afirma presto que «de cosas que no se han probado mal podría decir a Vª Sª cuál de las dos tiraría más», a lo que el general contesta creer que sería la de abajo, porque gozando como lo hace la bola que está arriba de mayor viento que la «impide, cabuza y hace vacilar de una parte a otra», mientras que «la que está abajo se alimenta con el abrigo y favor de la tierra».

Se intercambian especulaciones en las que hacen aparecer conocimientos ya asentados (el «tira más tira» a 45º) con una utilización traída de la mano sobre movimiento natural y tendencia a su natural reposo… afirmando que la bala de arriba adelantará a la de abajo en una distancia igual (o algo mayor) a la altura de la torre (lo mismo que sostiene en su tratado Luis Collado).

Y preguntado el capitán sobre «cuántos tránsitos hace la bala en el tira más tira», se responde que son tres. [FIG. 8] El primero por línea recta transversal y con la mayor fuerza.

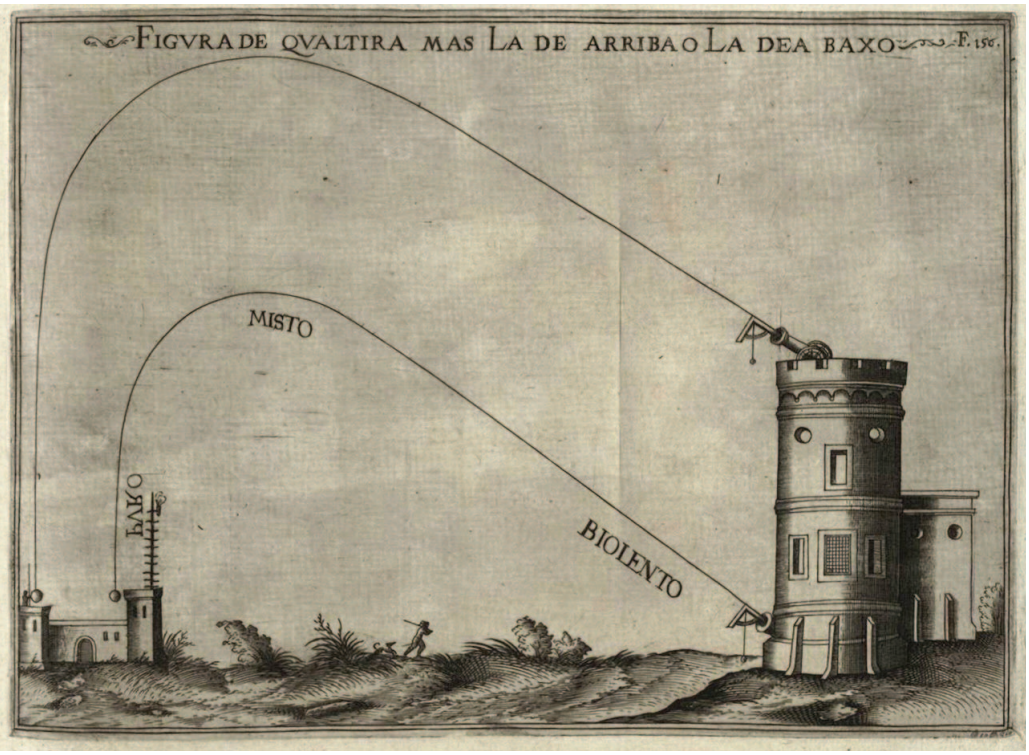


FIG. 8 *Tratado de la artillería y uso della* por DIEGO UFANO

El segundo tramo tiene un movimiento mixto declinado que se produce cuando «la bala de subir por el violento va cansada» y «es más corto que no los otros». El tercero es «por línea natural cayendo de lo más alto a lo bajo con gran fuerza sin otro vigor y potencia que la gravedad de su peso, el cual movimiento se llama puro». «El modo mixto goza de los movimientos violento y puro y por tanto es en sí el más corto, y el más largo de los tres es el violento (…) pero como son cosas de que no tengo hecha experiencia ni he hallado ningún autor que lo haya escrito salvo que la Nova Scientia de Nicolo Tartaglia lo distingue por discurso sofístico y natural, por otra vía no podré bien distinguir la sustancia de la cuestión y ahí la dejaré para que el más curioso la saque a la luz conformándola con la experiencia, madre y maestra de todas las artes».

Más adelante discuten sobre si tira más una pieza desde la tierra al mar que desde el mar a tierra. El capitán aduce la experiencia propia en la villa de Dunquerque a favor del tiro desde el mar, pero el general declara pensar lo contrario, debido a que en el mar, al recular la pieza y estar menos sustentada que en tierra (haciendo recular al propio bajel), tendría un tiro menor. Dice el capitán que son «accidentes de gran misterio», pero «la fuerza que del bajel tira a tierra la bala viene buscando su abrigo y reposo natural, y la que de tierra se tira al mar naturalmente pelea contra los dos elementos, a saber, agua y viento, porque es tal furia, digo, la que sale de tierra que la humedad y fuerza del viento la remueve y estremece de una parte a otra y es cosa probada que siendo baja la marea tirará más largo la de tierra que cuando sea alta y la que tira de la mar a tierra viene más aliviada».

El capitán llega a afirmar que el tiro sería de más de 1.000 pasos mayor de mar a tierra que al revés y dice haberlo experimentado en Ostende y en la obra y canal de Nioporte.

Contesta el general que quizás se debería usar en los bajeles mayor calibre de las piezas o mejor o más fina pólvora, pero el capitán asegura que no era cuestión de calibres, ya que se usaba el mismo, ni de la pólvora, pues en tierra se empleaba una cuchara más de ella. Asegura que hablando del asunto con viejos marineros y prácticos artilleros, los votos siempre se arrimaban a la postura por él defendida.

Comentaré para finalizar con Ufano la propuesta de «regla» que ofrece para resolver el problema clásico de conocer los alcances en función de la elevación de la pieza. Sostiene Ufano y defiende una regla para la que no da más que confusos razonamientos, que el artillero deberá conocer los pasos que su pieza, cualquiera que sea, alcanzará por la natural puntería del raso de los metales; y partirlo por 50 y el cociente multiplicarlo por 11, lo que le dará los pasos de toda su «degresión», los cuales partidos por 44 grados dará justamente la degresión que perderá el tiro en cada grado.

Es un tanto triste ver la regresión tanto en el acercamiento matemático a los problemas que retóricamente se plantean como en el peso de las causas que pudiera sostener la filosofía natural. El nivel de conocimientos prácticos, argumentativo y de manejo tanto de la matemática como de la filosofía natural apropiada al asunto, es de un nivel claramente muy inferior a los tratados que hemos visto hasta aquí.

Hay que considerar que en 1626 y, en una edición ampliada en 1642 (posterior, por tanto a la obra definitiva de Galileo sobre balística), se publica la *Platica Manual y Breve Compendio de Artillería*», obra de Julio César Firrufino, que, como bien dice Mariano Esteban Piñeiro, es un «epítome de los grandes tratados de artillería renacentistas». En

ella se sigue presentando la balística como lo habían hecho los tratados que aquí hemos analizado, sin ampliaciones ni mejoras teóricas de especie alguna.

Quizás fuera ya indicio del deterioro que en el siglo XVII habrían de sufrir la ciencia y la técnica españolas y del que solo se haría un intento serio de salir con la llegada de la dinastía borbónica.

Bien ilustrativo de ello es que en el siglo XVIII Ensenada se da cuenta de que las industrias militares españolas se habían quedado obsoletas con respecto a sus competidores europeos y pone en marcha programas de formación. Las técnicas de fundición, por ejemplo y el manejo, en general, de la artillería, se caracterizaban de nuevo por un empirismo rudimentario. Al punto que, como ha mostrado Juan Helguera, en 1771, en el arsenal del Ferrol se llevaron a cabo pruebas de ordenanza para probar cañones fundidos en hierro para la Marina, y de 1.407 cañones probados, reventaron 1.155, lo que solo puede explicarse por una falta de destreza en la fundición y la pérdida en el método de su manipulación. El nivel de conocimiento científico era prácticamente nulo y la práctica artillera había caído de tal forma que no existía ninguna certidumbre entre las cargas de pólvora y los alcances.

Poco o nada se había progresado entonces desde los tiempos y tratados de los que hemos hablado. Y ello, a pesar de que en 1638 Galileo publicó sus *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*», una de las cuales, la que hoy denominamos «cinemática», es la que resuelve definitivamente el problema del tiro, su alcance y sus trayectorias; y de que en 1687 Newton publica sus *Principios matemáticos de la Filosofía Natural*, el libro que culminó la Revolución Científica del Renacimiento e inauguró una nueva época en la ciencia.

Cuando se establecen los tres grandes centros ilustrados de formación militar españoles (Cádiz, Barcelona y Segovia), se sigue discutiendo sobre el valor de la formación teórica en el bagaje de los militares. En el Real Colegio de Artillería de Segovia, la lección inaugural la dio, el 16 de mayo de 1764, el matemático jesuita y primer director de estudios, Padre Eximeno y la tituló, significativamente, «Oración sobre la necesidad de la teoría para desempeñar en la práctica el servicio de Su Majestad». En ella decía: «cuando se ensalza la práctica para abatir la teoría, se habla de mala fe» y argumentaba que «el arte de la guerra debe sus progresos a las demostraciones de los matemáticos, a las observaciones de las físicos y a las luces de los filósofos».

A la vista de lo expuesto, habría que reconocer que los tratadistas artilleros españoles, en lo que a la balística se refiere, poco o nada contribuyeron ni a las demostraciones, ni a las observaciones, ni a las luces. Aunque también es verdad que su trabajo, su mera existencia, de haber continuado, hubiera facilitado avances, mejoras y quizás la aparición de otros personajes que hicieran contribuciones más notables. Pero el hecho de que España, a lo largo del siglo XVII, acabara convirtiéndose en bastión de la contrarreforma, esencialmente retrógrada y anticientífica, truncó cualquier posibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

Tratados

D. DE ÁLAVA Y VIAMONT: *El Perfecto Capitán instruido en la disciplina militar y nueva ciencia de la Artilleria.* Madrid, 1590. [Se ha usado la edición del Ministerio de Defensa, Madrid, 1994].

L. COLLADO DE LEBRIJA: *Platica Manual de Artillería.* Milán, 1592. [Se ha utilizado la edición facsímil hecha por el Patronato del Alcázar de Segovia].

J. C. FIRRUFINO: *El Perfecto Artillero, Theorica y Pratica*. Milán, 1648 [Se ha utilizado la edición facsímil hecha por el Patronato del Alcázar de Segovia].

C. LECHUGA: *Discurso del Capitán Cristoval Lechuga en que trata de la Artillería y todo lo necesario a ella, con un tratado de fortificación.* Milán, 1611 [Se ha usado la edición del Ministerio de Defensa, Madrid, 1990].

N. TARTAGLIA: *Nova Scientia. Venetia, 1562.* [La primera edición es de 1537. La edición consultada y referida es la que se conserva en la Academia de Artillería de Segovia].

— *Quesiti et inventioni diverse. Venetia, 1546.* [La edición consultada es la que se conserva en la Academia de Artillería de Segovia].

D. UFANO: *Tratado de la artillería y uso della platicado por el capitán Diego Ufano en las guerras de Flandes*. Bruselas, 1613.

Libros y artículos

A. CAMPILLO: *La fuerza de la razón. Guerra, estado y ciencia en el renacimiento.* Murcia, Editum, 2008.

A. C. CROMBIE: *Historia de la ciencia: de San Agustín a Galileo/2.* Madrid, Alianza Universidad, 1980.

M. ESTEBAN PIÑEIRO: «El dominico segoviano Domingo de Soto. Medio siglo antes que Galileo», en: *Ciencias y técnicas en la Historia de Segovia.* Segovia, Real Academia de Historia y Arte de San Quirce, 2004.

M. ESTEBAN PIÑEIRO y M. I. VICENTE MAROTO: *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del siglo de oro.* Valladolid, Junta de Castilla y León, 2006.

G. GALILEI: *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias.* Madrid, Ed. Nacional, 1976.

N. GARCÍA TAPIA: *Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII.* Valladolid, Junta de Castilla y León, 1989.

— «Las escuelas de artillería y otras instituciones técnicas», en: *Historia de la Ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla,* T. III, J.M. LÓPEZ PIÑERO (dir). Valladolid, Junta de Castilla y León, 2002.

— «Los Ingenieros y sus modalidades», en J. M. LÓPEZ PIÑERO (dir.): *Historia de la Ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla,* T. III. Valladolid, Junta de Castilla y León, 2002.

E. GARIN: *La revolución cultural del Renacimiento.* Barcelona, Crítica, 1984.

D. GOODMAN: *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II.* Madriod, Alianza Universidad, 1990.

J. HELGUERA QUIJADA: «Las industrias artilleras en la época de Proust», en: *La Casa de la Química. Ciencia, Artillería e Ilustración*. Madrid, Ministerio de Defensa, 1992.

A. KOYRÉ: *Estudios de Historia del Pensamiento Científico.* Madrid, 1977.

J. M. LÓPEZ PIÑERO: *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII.* Madrid, Labor Universitaria, 1979.

M. J. MANCHO DUQUE (ed.) y C. BLAS NISTAL (coord.): *Pórtico a la ciencia y a la técnica del Renacimiento*. Valladolid, Junta de Castilla y León, 2001.

E. MARTÍNEZ RUIZ (dir.): *Felipe II, la Ciencia y la Técnica.* Madrid, Actas Editorial, 1999.

G. PARKER: L*a revolución militar: innovación militar y apogeo en occidente, 1500-1800.* Madrid, Alianza Editorial, 2002.

J. SALA: *España en los siglos XV y XVI.* Madrid, Akal, 1992.

M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e Ingeniería en España I, El Renacimiento*. Zaragoza, Institución Fernando el Católico, 2008.

Volver al índice

4
Jerónimo de Ayanz en su cuarto centenario

NICOLÁS GARCÍA TAPIA
Catedrático de la Escuela Universitaria Politécnica
Universidad de Valladolid

PEDRO CÁRDABA OLMOS
Coordinador del Proyecto Ayanz

De entre todos los hombres que se dedicaron en España a la ciencia y la tecnología, sobresale Jerónimo de Ayanz y Beaumont, que en estos campos superó a todos los que hasta entonces se habían dedicado a la invención tecnológica, incluidos algunos italianos que habían conseguido la fama, y, podemos decirlo con fundamento, sobrepasó en la calidad de sus invenciones al propio Leonardo da Vinci.

En su época, Ayanz era conocido por su extraordinaria fuerza física, capaz de doblar o perforar con sus manos los más sólidos objetos; esta fuerza y su «ingenio militar» le condujeron a sobresalir como un héroe en los campos de batalla. Pero, en palabras de Lope de Vega, uno de sus glosadores:

«Esta es fuerza, señor, de la prudencia.
La fuerza corporal al cuerpo alcanza,
Como la que se vio por excelencia
En el gran don Jerónimo de Ayanz»

Fuerza e ingenio, los dones más apreciados del Siglo de Oro español, fueron reunidos en el «gran don Jerónimo de Ayanz», al decir de Lope de Vega. El ingenio que aquí resaltamos es el de tecnología y el de la invención y su fuerza, no solo al cuerpo, sino al espíritu y a la inteligencia. La fuerza de la prudencia, a la que alude Lope, es la que distingue a los genios, que permite atemperar su impulso imaginativo y perseverar en lo que es posible y realizable. Es lo que le llevó a Jerónimo de Ayanz a inventar máquinas que realmente funcionaban, desechando fantasías, al contrario de otros inventores, ciertamente fecundos pero que trataron de realizar cosas inalcanzables en la época,

como fue el caso de Leonardo da Vinci. Ayanz representó la fuerza de la tecnología, frente a la de la imaginación de Leonardo.

La formación de Jerónimo de Ayanz comenzó desde su infancia en el solar de su noble familia en Guendulaín, con los mejores preceptores navarros que le enseñaron las letras, las artes y las habilidades propias de un niño de noble cuna. En el solar de Ayanz había molinos, martinetes, batanes y las máquinas necesarias para la trasformación de los productos del campo, que seguramente impresionaron al futuro inventor. Esta formación se completó en la corte madrileña, al ser paje de Felipe II, donde pudo asistir a la escuela especial creada para los infantes, con lo mejores científicos españoles, donde se impartían, entre otras cosas, clases de matemáticas y sus aplicaciones. Era la mejor educación posible en la época, que Ayanz supo aprovechar adecuadamente.

En la milicia, Ayanz estuvo en contacto con la ingeniería militar, aprendiendo técnicas defensivas y de ataque, fortificaciones, artillería y náutica. Por su fuerza y su valor fue nombrado caballero y luego comendador a una edad relativamente temprana. En la paz, ocupó cargos políticos relevantes: regidor de Murcia, gobernador de Martos, y en todos ellos aplicó sus conocimientos, interesándose por las técnicas de riego agrícola, por las presas y canales, así como por las torres costeras de defensa. Al mismo tiempo entraba en contacto con algo que sería decisivo en su vida, la minería.

En este campo, el rey Felipe II nombró a Jerónimo de Ayanz administrador general de las minas del reino que, en términos actuales, equivaldría a un ministerio de minería. Ayanz visitó más de quinientas minas, bajando a los pozos de extracción y ensayando con sus propias manos nuevos procedimientos metalúrgicos. Así es como nuestro personaje llegó al dominio de la tecnología minera, que innovó con nuevas máquinas y procedimientos de extracción, incluyendo además la aplicación de novedosos sistemas de administración minera que representan una verdadera revolución en la economía.

Fruto de esta ingente labor son sus invenciones que fueron patentadas. El privilegio de invención de 1603, recientemente descubierto en el Archivo General de Simancas por Pedro Cárdaba y que hemos trascrito y estudiado recientemente, es el resultado de un memorial elevado en 1602, un año antes, para ser informado por los doctores Arias y Ferrufino. Se encuentran en este documento numerosas invenciones aplicadas al ramo de la minería: balanzas de ensayo, hornos, procedimientos metalúrgicos, etc., que se detallan minuciosamente en el documento transcrito en la páginas siguientes. También hay aplicaciones agrícolas, ruedas elevadoras de agua, molinos hidráulicos y de viento, así como presas y otras infraestructuras. Entre las técnicas de buceo, se describen sofisticados equipos de inmersión, incluida una barca sumergible que, además de para la búsqueda de perlas y coral, aquí propone como elemento clave para destruir una armada. En el campo de la náutica, encontramos bombas de achique y un curioso sistema para saber la posición de un barco en alta mar, lo que entonces fue objeto de investigación por los mejores técnicos y científicos de la época, aunque sin que se llegase entonces a obtener una solución. Ayanz propone colocar ruedas que giran con el avance del barco, contando sus revoluciones y convirtiendo el resultado en distancia recorrida por el navío. Todos los inventos de Ayanz contaron con la aprobación entusiasta de los científicos que vieron y estudiaron estas invenciones, y el propio rey Felipe III, con su corte, presenció en Valladolid la primera inmersión prolongada de un buzo.

Ayanz siguió trabajando y perfeccionando sus inventos y fruto de ello fue el privilegio de invención para las Indias que se le concedió en 1605, con equipos de buceo más completos para buscar perlas en las posesiones españolas de las costas americanas, singularmente en la isla Margarita. Pero el mayor conjunto de invenciones y el más desarrollado es el que obtuvo en 1606, con más de cincuenta instrumentos, técnicas metalúrgicas, máquinas y procedimientos, en los que aparecen por primera vez en el mundo las máquinas de vapor, aplicadas al desagüe de minas y a su aireación, con un precedente de los sistemas actuales de aire acondicionado. No entro a describir estas invenciones, puesto que lo hemos hecho ya en otras publicaciones, simplemente resaltaremos que Ayanz no sólo superó las invenciones de Leonardo da Vinci y otros inventores, sino que se anticipó en una centuria a lo que serían las máquinas fundamentales de la Revolución Industrial inglesa.

Para llegar a este resultado, Ayanz perfeccionó extraordinariamente los inventos que había presentado cuatro años antes, e ideó otros nuevos. La cualidad de su prudencia, que antes hemos resaltado, le llevó a eliminar algunas de las propuestas que había presentado anteriormente. Una de las que corrió ese destino fue la barca submarina para hundir armadas, que él mismo reconoce como demasiado audaz; pero mantiene su aplicación para rescatar tesoros hundidos y perlas. La otra invención que no aparece en su nueva patente es el sistema para medir la longitud en alta mar, tal vez reconociendo las dificultades que tiene su aplicación en condiciones adversas. En este aspecto, hay que señalar que Ayanz se dedicó a examinar las invenciones que otros habían pretendido hacer para resolver el problema. Es de notar el informe que envió para señalar la falsedad del sistema de las agujas fijas de Fonseca, consistente en una brújula que no se desviaba nunca del norte geográfico. Ayanz demuestra su imposibilidad y para ello llega a plantear la existencia de un campo magnético terrestre. Es una incursión de Ayanz en el campo científico, adelantándose a teorías posteriores, lo que demuestra la completa visión del navarro, no sólo en la técnica, sino también en la ciencia.

Jerónimo de Ayanz trabajó el resto de su vida, hasta ya cercana su muerte en 1613, en la aplicación industrial de sus invenciones. Lamentablemente nadie continuó con su obra, que hubiera conducido a España a anticiparse a la Revolución Industrial. La decadencia y las circunstancias sociales impidieron que se completara una obra ingente que no solo no llegó a apreciarse en la época, sino que espera todavía el merecido reconocimiento.

Como homenaje a Jerónimo de Ayanz en el reciente cuarto centenario de su muerte, que tuvo lugar en 1613, presentamos a continuación su patente de 1603, que, como ya hemos señalado, fue descubierta recientemente en el Archivo General de Simancas (Libro de Cámara 172, fol. 17v y siguientes), gracias a la colaboración de Pedro Cárdaba, y cuya trascripción ortográfica actualizada ha sido realizada y completada con la inclusión de notas a modo de glosario por el autor de estas líneas. Las imágenes que ilustran esta transcripción corresponden no a la Cédula de Privilegio de 1603, sino a otra posterior concedida en 1606, de ahí las diferencias en la numeración de los dibujos.

CÉDULA DE PRIVILEGIO PARA USAR CIERTOS INGENIOS CONCEDIDA A JERÓNIMO DE AYANZ EL 16 DE JUNIO DE 1603

[Margen] ***Licencia a don Gerónimo de Ayanz para usar de ciertos ingenios y máquinas***

Por cuanto por parte de vos Jerónimo[1] de Ayanz, comendador de Ballesteros de la Orden de Calatrava, nos ha sido hecha relación que habiéndoseos mandado servir el oficio de Administrador General de las Minas de estos nuestros reinos de España y que visitasteis la de Guadalcanal y otras y que hicisteis diligencia de facilitar el beneficio de la de Potosí. Habéis hallado cuatro dificultades en las más de las minas que habéis reconocido y de las que tenéis noticia, y que para todas ella habéis hallado remedios y asimismo las aplicáis para otras cosas de importancia por si. Para la primera que es el saber conocer las piedras y ver de lo que son compuestas y el remedio que tienen para poderse beneficiar, daréis modo cómo las minas de cobre que participan de hierro y se dejan de labrar por salir tan crudo y quebradizo y sin provecho y servicio, se haga dulce y suave y que sea de servicio. Y para la segunda dificultad, que es la falta de leña y carbón para el beneficio de las dichas minas, haréis que esto y el guisar de comer y hilar seda y otras cosas, se haga con mucha menos leña y carbón. Y para la tercera dificultad, que es por estar las minas en mucha hondura y por el tufo de los metales y la falta de comunicación de aire, se afligen y congojan los que están dentro sin poderlo sufrir, habéis hallado cómo dar aire fresco en las minas y en la mar y pondréis un hombre o más en mucha hondura para sacar lo que se pierde en navíos que dan al través en los puertos. O para sacar perlas, coral o otras cosas. Y para la cuarta y última dificultad, que es el dar en agua las minas, habéis hallado forma y orden para desaguarlas y subir el metal con más facilidad de lo que hasta ahora se ha usado. Y para desaguar navíos y hacer molinos sobre los ríos sin presa y mejorar los que se usan y que sirva para riegos, y asimismo para hacer molinos de viento que sirvan de martinetes y fuelles para fundiciones sin otro movedor, y para riesgos y otras máquinas, como más largamente se contiene y declara todo ello en un discurso dividido en catorce capítulos que habéis hecho, en que van puestos y dibujados diez y ocho modelos, según y en la forma que se sigue,-

Señor

[Margen] **Ayanz**

Don Jerónimo de Ayanz, comendador de Ballesteros digo que habiendo venido a esta corte y hablar a Vuestra Majestad de negocios tocantes al oficio que sirvo de Administrador General de las Minas de España y todas las diligencias que he hecho sobre lo que V. Majestad me mandó acerca de los inconvenientes que se hallan en el cerro de Potosí, di un memorial declarado en él lo que mi parte he trabajado procurando vencerlos, y habiéndole V. Majestad mandado remitir al Consejo de Cámara, me mandó diese una me-

moria declarando algunas máquinas y trazas que he tratado, y que aunque sobre esta materia tengo comenzado a ejecutar por ser algo larga, y no sufrir dilación lo que se pide de Potosí, paréceme que algunas de las cosas que aquí diré, con las más que en el memorial tengo declaradas, podrán ser de provecho así para él como a otras personas les diré en breve suma.

FIG. 1 Balanza de precisión. Dibujo nº 1 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

Lo primero soy de opinión que todos los ensayos así de minas como de oro y plata, son falsas por tres razones: La primera, por la desigualdad del fuego, porque siendo más recio hace más exhalación la plata. La segunda, por el plomo que no le hay sin ley de plata, y como se derrite baja abajo la plata y arriba se van haciendo capas de almártaga[2] hasta que queda afinada, y así derritiendo en una cuchara de plomo, haciendo de él balas para ensayar, sin duda las últimas participarán de más plata que las primeras, y así no habrá igualdad en ellas. La tercera, por el peso que como el ejecillo de los que usar, está fuera de su centro, los últimos granos del dineral[3] no hacen demostración; en las cuales tres dificultades he hallado la enmienda que se sigue:

En cuanto a la primera, me remito al tratado de los hornos donde se verá lo del ensayo y participa con más igualdad del fuego. La segunda: tómese plomo de las menas ley que se hallare y mídase cantidad de él y tómese las primeras capas de almártaga que salieren y, bien resultas con ellas se haga el ensayo.

La tercera, el peso se haga con dos puntas como de agujas de coser, que estén hacia arriba y el brazo carguen sobre ellas como aguja de reloj, advirtiendo que las agujeros del brazo ha de ser muy poco lo que penetren dentro de la línea de[l]medio, y que esté todo templado y haya en el pie sus brazos sobre que se descanse el peso, pues para lo que se pretende, con poco que sería le basta; y tenga sus cucharetas[4] al cabo de los brazos como para limpiar oídos, y al cabo de ellos unos fieles[5] donde estén asidas las balanzas en las cuales se ha de pesar la tierra de la mina; y para pesar el grano que saliere, se quiten y pesen en las cucharetas, pues no solo los últimos granos del dineral, sino una pierna de mosca les hace caer. Ha de ser de la hechura que se ve en el dibujo nº 1 [FIG. 1], adviértase que si la cendrada[6] en que se afina la plata no es buena, se embebe en ella alguna parte.

Lo segundo: quien hiciere ensayos de minas ha de procurar saber de los metales y medios minerales que es compuesta la piedra y procurar saber los contrarios del metal que se beneficia y si fuera posible que sean concordantes pues no cría Dios ponzoña que no tenga contrahierba, y así las minas de cobre que participan de hierro por no haberse hallado remedio se dejen de labrar en todas las partes; viendo yo cuan contrario es el azufre y va goteando como perdigones requemados y calcinado, sin que sea más de provecho, lo cual no hace en el cobre, sino antes le quita lo impuro y lo deja más suave y blando; y así las minas que participan de hierro es aceruno, y echado después de derretido azufre, requema y aparta todo lo que no es cobre y lo deja dulce y suave, y también es bueno al tostar la piedra echarle alguna pez o cosa grasa porque con menos fuego la pe-

netra y humedece. Lo tercero, además del horno, dichos ensayos para el desazogar la plata y para azogue[7] y azufre y para destilación de agua dulce del mar y para hornos de cocer y de guisar de comer y hilar la seda, se verá otro horno para fundir metales con el viento, sin movedor, en el tratado de dar aire fresco a las minas, y a la demás cosas porque esté en lugar.

El hornillo para ensayar las minas ha de ser de la traza del dibujo número 2 [FIG. 2], que tenga abajo media vara de diámetro y lo alto por donde se echa el carbón media cuarta de boca y su cratícula[8] abajo por donde caiga la ceniza, bien cerrado, que no le entre más aire que por los espiráculos[9] y en medio su ladrillo donde se pone la mufla y todo el bien embarrado, y si se da proporción a los hornos de fundición que sea necesario dar fuego fuerte al metal, será mejor de lo que usan y ahorrará mucho carbón.

El horno para desazogar[10] la plata ha de ser de la forma que se ve en el número 3 [FIG. 3], que tenga tres cuartas de diámetro más o menos lo que les pareciere, y por alto tenga una cuarta de diámetro y luego su capelo[11] con dos cañas a los lados por donde caiga el azogue en los vasos; y encima del capelo una caldera agujereada que luego embarrar encaje hasta lo bajo, bien soldada con el capelo, la cual siempre ha estar llena de agua que corra, porque con el frío de ella se condensen los espíritus[12]; ha de ser el hornillo de barro fuerte y el capelo de lo propio, o de cobre y todo él cerrado con una portaneta[13] tan ancha como el dibujo, por donde se meta al justo unas cajas de cobre y en ellas la masapella[14] bien tendida, y bien las juntas porque, aunque la naturaleza del azogue es ir arriba dándole fuego, por cualquier espiráculo que halle se irá mucha parte, y así se ha de tener gran cuenta encerrarlos y que los vasos sean recios, porque también se va por los poros y cuando esté desazogada, tirar de las cajas que han de tener sus aldabas y meter otras; este hornillo ha de cargar sobre seis u ocho pilastras y le ha de cercar otro de ladrillo que suba hasta la mitad, y entre el uno y el otro haya cuatro dedos de concavidad para que le bañe bien el fuego; y por lo alto ha de tener dos espiráculos chicos por donde salga el humo y respire el fuego y desde el suelo hasta el asiento del horno haya una cuarta de alto si es de leña, y se de carbón menos, y una porta-

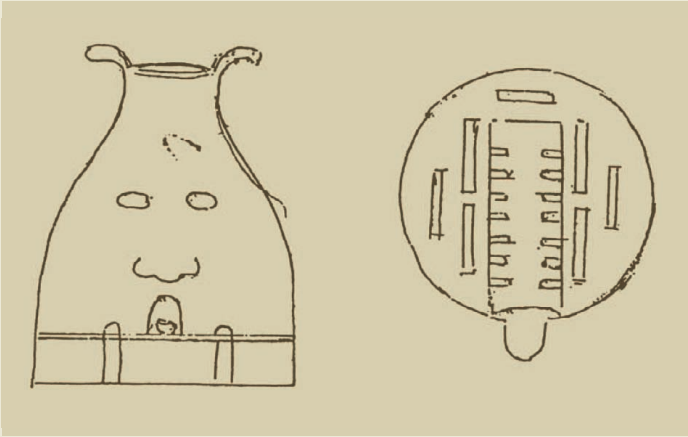


FIG. 2 Horno para ensayar minerales. Dibujo nº 2 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

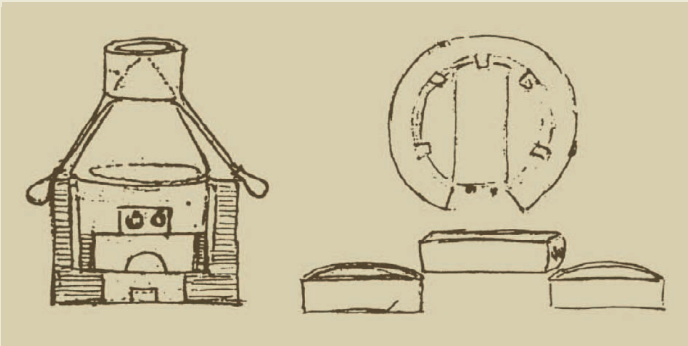


FIG. 3 Horno para desazogar. Dibujo nº 5 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

neta por donde se eche el fuego y su cratícula donde caiga la ceniza y su ventanilla por donde entre el aire que avive el fuego. También se puede hacer este hornillo dividido en dos medios como alambique, que lo de abajo asiente de cuadrado sobre las pilastras, de manera que en desazogándose se quite y se ponga otro; y el capelo puede servir para entrambos; y éste ha de ser todo cerrado y que se embarre bien la junta, y también puede estar fijo el medio horno de arriba y por debajo con un husillo subir y bajar el otro medio.

Esta misma hechura de horno puede servir para fundición de azogue y azufre, haciendo su portanita por donde se meta el metal y luego cerrarla y embarrarla bien dándole el tamaño y proporción necesaria.

Y para cocer pan, o para pasteleros, puede servir el mismo susodicho, añadiendo que todo el cimborrio le bañe y circule la lumbre, y el suelo sea de piedra, de dos varas[15] de diámetro y cuatro dedos de grueso, para lo cual pueden servir las ruedas de aceña[16] que estén gastadas; y el cimborrio[17] de la hechura de los ordinarios, que sea de barro fuerte cocido a cochura[18] de media tinaja y su portanita por donde se meta y saque el pan o pasteles, la cual esté al otro lado de donde se echa el fuego porque no les de humo a los que trabajan; y desde el suelo hasta el horno ha de haber una tercia[19] de alto, y luego se haga otro horno que lo cerque de ladrillo y barro, que entre el uno, y el otro haya seis dedos de grueso y en lo alto haya su espiráculo para el humo; y podrase ayudar a calentar dándole el horno una calda[20] dejando algunas brasas dentro que, con la circulación que tendrá de fuego preservará el calor y la experiencia les mostrará cuanta lumbre le han de echar para que esté siempre templado; este horno hecho de metal de cinco cuartas o más de diámetro será de mucho servicio para navíos como se ve en el dibujo número 4 [FIG. 4].

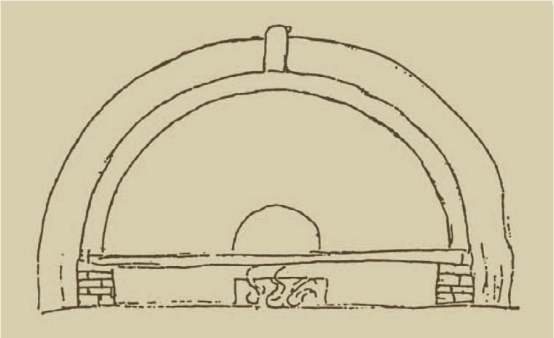


FIG. 4 Horno de cúpula. Dibujo nº 9 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

Y para destilar agua dulce del mar, se haga una caldera grande de más de vara de diámetro a la hechura del dibujo número 5 [FIG. 5]; puede tener por medio un cañón que pase y penetre por ella un capelo y que sea de ancho de una tercia desde el suelo hasta lo que ocupe el agua, y desde allí arriba, lo que pasare por el capelo, angosto como un dedo para que respire el humo; también se puede hacer todo cerrado y por los lados cuatro espiráculos para el humo, y tenga una chapa de hierro que le circule y llegue hasta lo alto del agua de la caldera, y entre ella y el cerco haya tres dedos de hueco para que el fuego de calor al agua por todas partes, y abajo vaya angostándose porque con menos leña o carbón hará más efecto; y la boca se cierra cada vez que

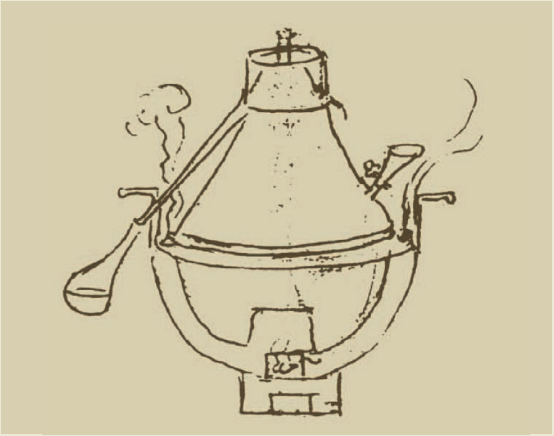


FIG. 5 Destilador de agua. Dibujo nº 15 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

se echare fuego. Esta destilación y los hornos para guisar de comer y cocer pan han de ir en las naves, como el ingenio para guisar de comer tras de un coche.

Los hornillos para guisar de comer han de ser para una olla de la hechura del dibujo número 6 [FIG. 6], que encaje la olla al junto en él, y por un lado tenga un cañón que suba más alto cuatro dedos por donde se ha de ir cebando un carbón, y tápese con un puchero después que esté encendido para lo cual será bien ayudarle con los fuellecitos hasta que comience a hervir la olla, y después, con dos o tres carbones que le echen, acabará de cocerse.

Y para dos ollas, se haga de la hechura el número 7 [FIG. 7], y para cuatro o más, la del número 8 [FIG. 8]; y al lado una caja donde se ase; y si quisieren al otro lado otra, se puede hacer por medio su cañón, por donde se va cebando el fuego, y en estos mismos echándoles un cerco de hierro que asga[21] el hornillo, con dos fieles en una caja cuadrada a manera de aguja del marear[22]; o de las linternas que hay de aceite, y, aunque se vuelva, siempre cargue abajo el peso, por causa de los fieles, con lo cual se puede llevar de camino detrás de un coche, o en una acémila[23]; y las coberteras han de encajar al junto con medio tornillo y en medio han de tener un cañón de un dedo de diámetro y tres de alto.

Y para cocinar de mucho gasto, se haga trébedes[24] de la forma del dibujo número 9 [FIG. 9], donde se pongan ollas y se gana todo lo que por allí hace exhalación en el fuego; y por los lados se pueden poner más y asar; y si quisieren, embarrar las trébedes y dejarle una portaneta para asar, la cual sea una chapa de hierro que encaje al justo; o de barro cocido durará mucho y será de poca costa.

FIG. 6 Horno para guisar. Dibujo nº 10 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

FIG. 7 Horno para guisar. Dibujo nº 11 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

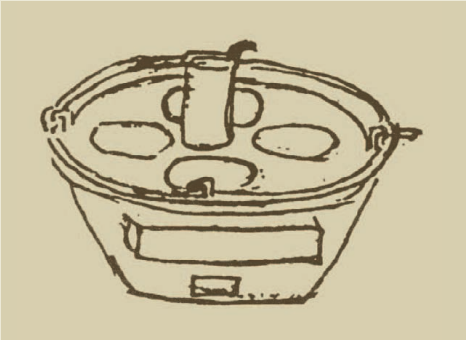


FIG. 8 Horno para guisar. Dibujo nº 12 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

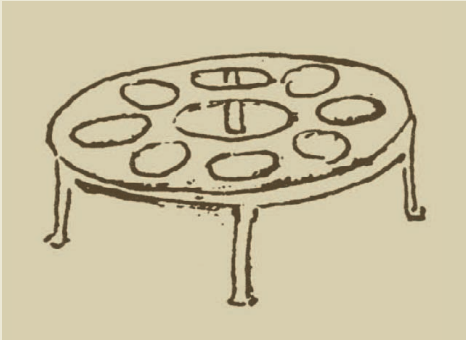


FIG. 9 Horno para guisar. Dibujo nº 14 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

Y para hilar seda, se haga de la hechura del número 6 que es para guisar una olla, y si se hace al lado de la caldera un medio círculo del tamaño del cañón por donde se echa el fuego caerá más en medio, y para dos calderas se haga como el hornillo de dos ollas y también se puede hacer de la hechura de la caldera de la destilación de agua dulce del mar, echando el fuego por debajo y cerrando luego la portaneta por donde se echa; y porque los hiladores no se descuiden de cerrarla, se puede hacer de manera que, para echar leña o carbón se haya de abrir y que de suyo se cierre como ratonera de agua[25]

Lo cuarto: Se puede hacer horno para fundir los metales con solo el aire que corra, en la forma del dibujo 10 [FIG. 10], buscando el sitio en lugar alto y donde más aire corra; haciendo un cubillo que tenga una cruz en lo bajo y otra en lo alto, por medio de ella pase un huso que en un fiel asga en la cruz alta; póngase una veleta al dicho cubo y enfrente de ella una ventanilla por donde necesariamente ha de entrar el aire que corre; pues la veleta se mueve con el del dicho cubo, se encamine un cañón que vaya a dar en el dicho horno, con lo cual se verá un aire que sopla con mucha igualdad.

Este mismo cubillo, puesto en lo alto de una chimenea, con que se mude la ventanilla a la parte de la vela, nunca hará humo, porque irá con la corriente del aire; aunque, sin vela se puede hacer en las chimeneas un tabique de ladrillos hecho en cruz que tome desde la una parte hasta la otra, asida en las paredes de la chimenea, que baje por ella una vara, y en lo alto deje abierta una ventanilla, en cada lado del crucero, de una cuarta de alto; si el aire da en la una, sale por las demás, y es mejor que la cierre el aire como ratonera de agua. Asimismo puede servir para dar aire fresco a un aposento, haciéndose el cubillo de la forma que para la fundición, y poniéndolo en la torre más alta de la casa, y encaminando un cañón al aposento que quisieren; aunque, si este cañón bájese por alguna bóveda de la casa, la cual estuviese cerrada y el cañón que llegase a ella se acabase, y por el otro lado se pusiese otro que el aire, habiendo bañado la bóveda y rodeado de la humedad y frialdad de ella sin duda, yendo colado por el otro caño al aposento que quisieren, irá más frío; aunque esto se podría hacer con fuelles moviéndolos con bestia o persona, y, cuando no hubiese comodidad de bóveda, encaminarlo por arcabuces por bajo tierra y saldrá más frío, cuanta mayor distancia hubiere, pues vemos que con haber tan poca del estómago a la boca estrechándola y soplando sale el aire frío. Y también se podría enfriar la bebida poniéndola en vaso delgado en el caño, y para más curiosidad se podrá hacer que venga el caño por medio del aposento en medio de una mesa que ha de estar fija y puede venir por uno de los pies por que este más disimulado, y por debajo encaminarlo al medio de la dicha mesa, donde haya un tornillo, que se encaje en él un vaso de

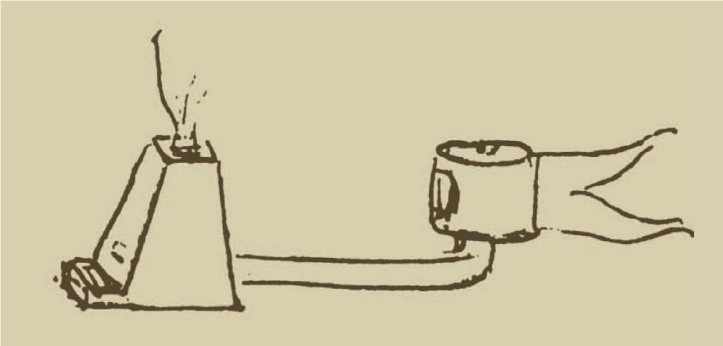


FIG. 10 Horno para metales. Dibujo nº 20 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

flores naturales en su tiempo y artificiales cuando no las hay, y sus caños pequeños entre ellas a la redonda del vaso, que bañe el aire a todos los que estuvieren en la mesa; y si la bóveda susodicha tiene una portaneta que cierre al justo, y se pone en ella la nieve que gastan los príncipes en sus casas, no tiene duda que el aire que allí entrase, tomando del frío de ella, lo sería mucho más y que viendo que sea menos o que cese, póngase en el caño una llave de fuente.

Y aunque podría servir lo propio para dar aire fresco a las minas, soy de parecer que éste se dé con fuelles, los mayores que se puedan mover con una de las máquinas de este discurso. Y que los caños vayan encaminados hasta el cabo[26] de la mina, porque comenzando desde allí, el aire eche fuera el tufo y vapor de ella.

Y en cuanto al estar un hombre debajo del agua espacio de tiempo para sacar perlas o lo que se pierde en navíos que dan al través o otras cosas, diré primero los inconvenientes que tienen las máquinas que hasta ahora se ha tenido noticia, que hay escritas y probadas, la campana o caja abierta por debajo, compelida con fuerza de peso que venza a la del aire y baje contra la naturaleza; abajo está aquel aire tan oprimido que cualquier o la que tuerza la caja o campana haya, da el aire y se sale y se ahogan los que están dentro, como sucedió en la isla de las perlas en dos ingenios de campana y caja que se llevaron; y no caben en razón que estando aquel aire tan apretado, y siendo fuerza que haya vaco[27] donde quepa el que echa la perla, pueda con la fuerza de su aliento apretarlo más, y cuando el aire no tiene comunicación, se viene a calentar y a ahogarse el hombre. Y poner un cañón que salga arriba de la agua, también tiene dificultad, pues con el que tenemos del estómago a la boca, con ser tan corto, parece nos falta el aliento con el mucho calor o frío que hará, por uno de veinte brazas o más; y cuando con muchas fuerza le venga a tomar, queda otro mayor inconveniente: que echa fuera del cañón la cantidad que alienta y viene a recibir la propia, con lo cual se calentará el aire y ahogará a la persona.

Lo que he hallado y es cosa natural y me ha salido bien, así en la prueba que delante vuestra Majestad hice, como en otras, es que se hagan dos caños los cuales vayan atados a trechos de una vara de largo o cinco cuartas, y de la boca del un cañón al otro ha de haber seis sortijas de cobre o latón redondas, de dos dedos de diámetro asidos por los lados con su cadenilla de hierro o hilo de bramante en derecho; el uno del otro por los lados que haya de una sortija a otra medio dedo, y que sobre estas sortija se ponga una cubierta de vaqueta[28] atada por los cabos de los cañones, y por entre la una y la otra sortija, atar con un hilo bramante que quede como reclamo de codorniz[29], y encima dar cuatro vueltas con un pellejo de carnero quitada la lana, y otras cuatro con otro lado contrario, que vengan bien atadas que no les pueda entrar agua; esto se pueda también hacer con pellejos de anguilas o otros pescados; y entre el cañón y el otro, se ate un cordel recio con sus nudos en cada cañón y que corra todos y que esté tirante, que haga en él fuerza y no en las ligaduras de las sortijas, porque no quiebre; y para más seguridad vayan atados los dichos caños con una maroma y tener cuenta que por encima las juntas se han de atar más fuertemente porque no den sí, que es por donde más daño se puede recibir; y los caños sean de cobre bien soldados o cañones de arcabuz; y en lo bajo haya un cañón de la hechura del dibujo nº 11 [FIG. 11], el cual se lleve en la boca, y tenga para lo que rezumare de los caños su caja debajo de cobre o de cuero, y tenga su llave de fuente que, en habiendo cantidad de agua abra la llave y exprima y saque la que estuviere en la

bota, torne a cerrar, y en el cañón, que ha de tener en la boca que va a dar a los dos caños haya otro vaso en que caiga vaho o agua que de él se hace; y estos dos caños atados a la maroma suban a lo alto donde ha de estar una barca, y desde ella, con unos fuelles, por el un cañón se vaya echando siempre aire, el cual continuo va pasando, y el que despide el aliento va con la corriente de él, porque ha de estar el cañón de la boca por medio del cañón contrario del que sopla los fuelles; y lleve su contrapeso, que haga ir abajo el ingenio y hombre, y que le pueda mudar adonde le pareciere, y de tal manera le lleve asido, que si se viere en algún aprieto, le pueda dejar y subirse arriba, con lo cual estará un hombre notable cantidad debajo del agua. También se puede, en poca hondura, por un cañón que le vaya a dar a la boca o nariz, y arriba esté asido a un corcho o cuero hinchado, tomar el aliento por él y despedirlo por la boca o narices, pues como es más leve que el agua, no hallará en ella impedimento para echarle, y cada vez viene a tomar aire fresco.

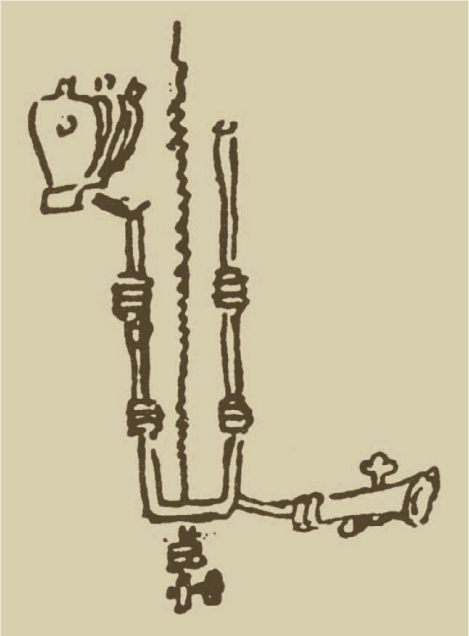


FIG. 11 Equipo para respirar. Dibujo nº 23 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

Y también se puede hacer una caja de hechura de barca cerrada por todo, que tenga su portanita en lo alto o por un lado, por donde entra la gente y luego se cierra y calafatee, la cual sea de madera recia y bien embreada, aunque sería mejor si se hallase barba de ballena para lo que toca a la armadura y encima su vaqueta o lienzo encerados pintados al óleo o bien embreados; y abajo su lastre, porque con la gravedad de él no la vuelquen ni las olas ni corriente; y que el peso del lastre esté en tal proporción que, con la gente que ha de ir dentro, con poco más peso se pueda ir a lo hondo; y para esto sea se lleve a los lados dos cajas como de media arca que vayan a lo largo de la barca, y que en hueco de las cajas haya dos tornos, y que la cigüeña[30] de él por de dentro de la caja cerrada, se arga[31] una manga de vaqueta o cuero de caballo, y también pueden hacerse los fieles del torno de acero tan ajustados que encajen en unas argollas y pasen adentro; y que la cigüeña asga en ellos como llave de cama; y en los dichos tornos ha de haber una maroma arrollada en cada uno, tan larga como la hondura que se ha de entrar y un poco más, y al cabo de ella una contrapesa redonda que sea bastante para hacer hundir la barca con la ayuda del lastre y gente, de suerte, de suerte que, con dos remos que ha de llevar dentro la dicha barca, en haciendo con ellas fuerza, vaya rodando por el suelo la pesa; cuando quieran subir, dejen destorcer los dichos tornos, y cuando bajan, denles la vuelta; y lo propio será si ponen arriba unos cueros hinchados y en ellos atada una maroma, y echar más lastre en la barca hasta que se hunda, y dar vueltas al torno para subir y al revés para bajar. También se puede hacer llevando un tornillo de fuente en la caja o barca, y cuando quieran que se vaya al hondo abrirle para que entre agua que bastare par ello, y cuando quieran subir, desaguarla por la orden del ingenio de desaguar navíos, y para poderse hacer esto, ha de haber un caño que suba hasta lo alto del agua. Y los dos remos,

o más, han de ir puestas en sus fieles dentro de la barca y que salgan sus manga de baqueta o cuero de caballo, que estén algo flojos y bien atados a un palmo de los dichos fieles en los remos, de suerte que no entre agua y, cuando entre agua y, cuando entre alguna, llévese dentro con qué untar y cerrar la parte por donde entrare; y en los lados de la caja o barca haya unos cajones y unas mangas de baqueta o cuero de caballo que, metiendo el brazo, asgan lo que pretendieren sacar, y lo pongan en los cajones y si es mucho el peso, se puede asir con garfios y darle cuerda, y desde arriba que vayan tirando con una barca; y para que tengan aire fresco, se puede tomar por dentro de la barca que haya dos caños como el primer ingenio y por el otro se vaya sorbiendo con fuelles y por el otro irá saliendo el vaho, y estos estén arriba asidos en los cueros hinchados y, aunque haya corrientes, como los caños y la maroma en que han de estar atados con los cueros arriba, irá todo junto donde fuere la caja y,aunque hagan arco o se doblen los caños, no por eso impedirá el paso del aire.

Y para pegar fuego a una armada que esté en el puerto y no se vea sobre el agua nada hágase la dicha caja cerrada susodicha con su contrapeso y tornos por debajo, y arriba dos cañones cortos de seis dedos cada uno y en ellos unas llaves de fuentes y que por dentro se cierren como [ ][32] y en medio de la caja haya otro torno con dos velas de lienzo [ ] mojando y de continuo dando vuelta al torno, porque con el movimiento de las velas se refresquen el aire, y vayan colgadas cantidad de esponjas empapadas e agua rosada porque asimismo refresque, y con el buen olor de más es fresco y [ ] con lo cual le tendrán espacio de tiempo y, cuando se hallen necesitados de refrescar el aire, súbanse arriba y abran los dichos dos caños cortos que están en lo alto, y con unos fuelles sorban por el uno y saldrá por el otro aire caliente; y en lo alto de la caja lleven sus mangas y a los lados unos cajones en que vayan puestas las minetas que han de ser como jeringas con una punta y en ella un tornillo que asga dando vuelta como barrena en el navío por debajo, y dentro de la mineta vaya un ingenio como reloj que, puestas todas ellas para tal hora como despertador, disparen con su rueda de arcabuz y den fuego a un tiempo; y lleven en la caja sus vidrieras, para ver lo que hacen, que sean de vidrio o de cuerno y, porque no se rompan si acaso algún pescado topase en ella, se hagan por de fuera una rejuela de hierro. Asimismo se puede hacer un cerco de una sexma[33] de diámetro que sea cuero de los que llevan vino y se ciña con él por debajo los brazos las persona y que haya dentro cantidad de esponja bien humedecida con agua rosada, porque duré más el fresco y debajo de los brazos haya dos cercos de palmo de diámetro y cinco o seis dedos de alto, y hacía los hombros algo menos, y dentro de los cercos haya como fuelles que se liguen a los molledos[34] de los brazos, de manera que, ensanchándolos, abran para dar lugar al aire y aliento que echa la persona y, apretándolos lo vuelva recibir, porque de otra manera no podrá uno hinchar debajo el agua cuero, y desde el medio del cerco en los pechos vaya a dar un caño a la boca, con sus sortijas como reclamo de codorniz; y si el cerco del cuerpo se hace por la propia forma con sus encajes para los brazos que, abriéndolos se ensanchen y cerrándolos se estrechen, se podrá excusar los fuelles; y lleve el hombre su cuerda y contrapeso, y pueden ir dos hombres y más. Cada uno con su ingenio para tomar aliento, y que vayan sobre una armadura donde lleven su torno de la suerte susodicha para subir y bajar cuando quisiesen, y sus ingenios para asir debajo del navío y darle fuego o barrenarle, y sacar debajo del agua lo que quisieren. En estas materias, sabido el pensamiento

que es lo dificultoso, se puede añadir y quitar; solo se ha de procurar buscar hombres ingeniosos para hacer las obras y ejecutarlas; y porque el agua no de pesadumbre a la vista, se pueden hacer unos anteojos que encajen en las narices y sobre las cejas pegadas con betún y sus fieles asidos a las orejas.

Lo quinto para subir agua o piedras o otra cosa, tendrá muy gran fuerza la máquina presente: hágase una rueda de tres varas de diámetro y en la frente tenga unos hierros como escalera que la atraviesen, que sean una cuarta, y hágase un eje y, en el un tercio, se meta una vigueta que caiga abajo derecha, donde se ponga el peso que quisieren porque, cuanto mayor tendrá más fuerza, y éste tenga dos manillas a los lados para que dos hombres, uno en cada parte, le muevan tirando hacia sí como cuando reman, y en el otro tercio del eje atraviese una vigueta en cruz de la que pende, y de las puntas de ella caigan abajo otra dos viguetas que asgan como arriba en las puntas de dos alzaprimas[35], las cuales han de tener un ochavo[36] de rueda al cabo y en la frente unos hierros de hechura de tas[37], que atraviesen de una parte a otra, que afirmen en la misma madera o en unos traviesos de hierro, de manera que suban arriba sin impedimento y cuando bajen o caigan, topen en el travesaño y hagan fuerza en la rueda grande en la cual se podrá aplicar grúa o noria o lo que quisieren para levantar lo que quisieren. Este mismo vaivén podrá servir para tisibicas[38], bombas, fuelles y martinetes[39] porque es muy fuerte moverlos, como se ve en el dibujo número 12 [FIG. 12]. Y también se puede aplicar a que levante agua y de ella hacer un molino de cubo que vuelva el agua al pozo que se levantó. Y adviértase que esta máquina y las demás han de tener la proporción conforme a la fuerza que hicieren, midiendo la que tiene cada una en la forma siguiente: Tomar una viga larga y ponerla a la punta un pilar que juegue como alzaprima y luego con un peso como romana, poner la punta de la dicha viga en la rueda que ha de levantar dicho peso, y ir atrasando la pesa como romana hasta que haga parar la rueda; y solo el tercio de la fuerza que tuviese se le dé, porque de otra manera se romperá presto.

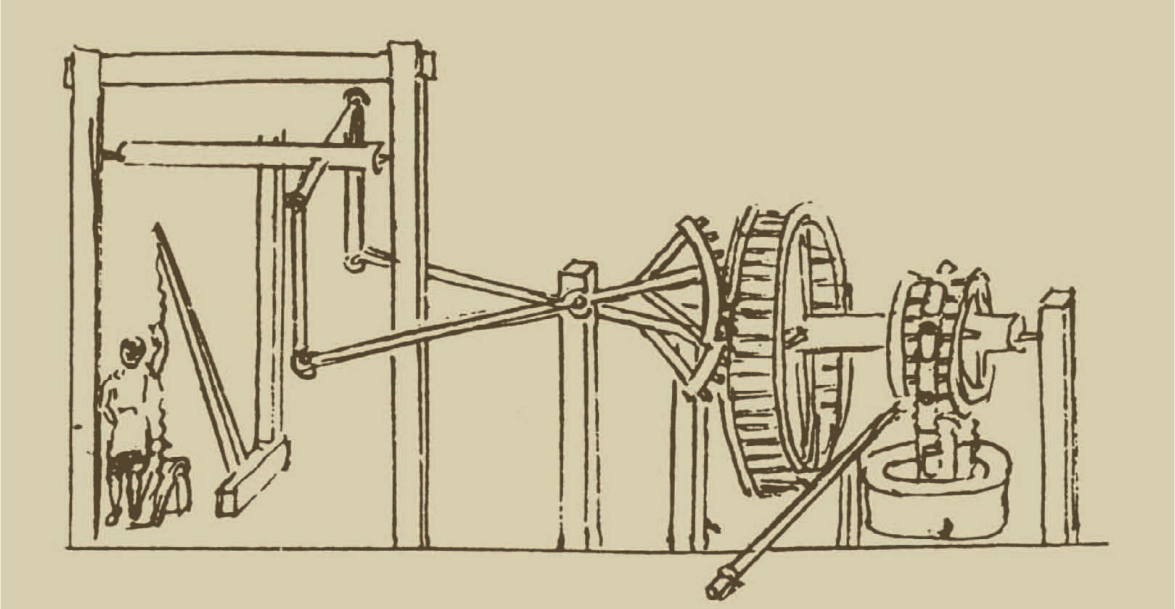


FIG. 12 Ingenio de vaivén y medida de la potencia de las máquinas. Dibujo nº 36 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

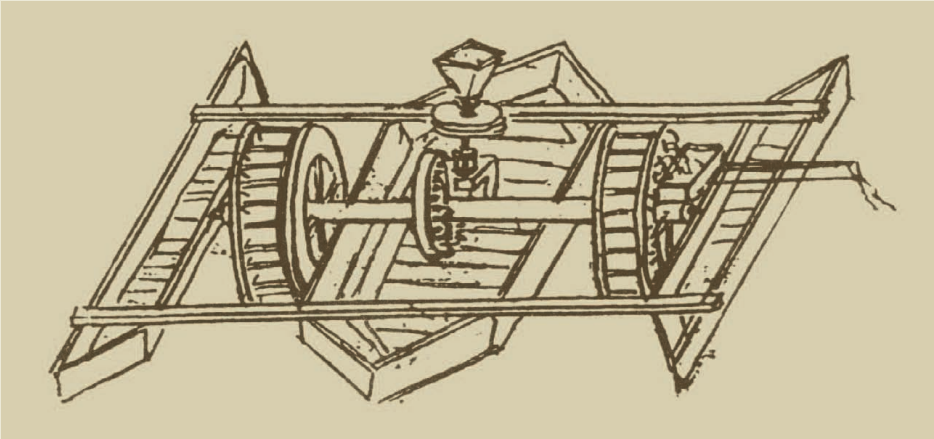


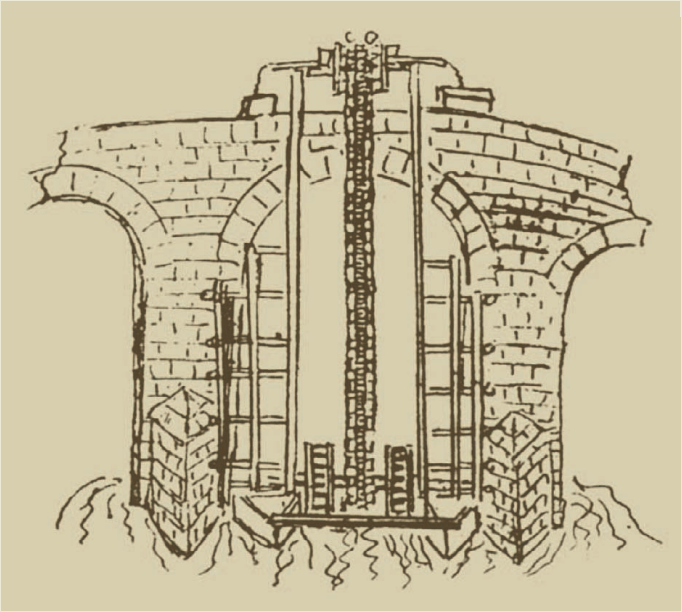
FIG. 13
Molino de barcas para elevar agua. Dibujo nº 41 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

Lo sexto. Los molinos que se usan en Flandes e Italia entre dos barcas con la corriente de los ríos, se puede aumentar su fuerza, y asimismo se puede aplicar para hacer riegos, en la forma siguiente: Aunque se usan dos barcas, solo la una sirve par afirmar el eje de la rueda y en la otra anda el molino; hágase la del molino del tamaño que fuere necesario, y excúsese la otra con poner a los dos lados unas maderas a hechura de media barca, algo más angostos, en que afirmen los ejes, y hágase una rueda en cada parte y los tablones donde bate el agua anchos de frente de la hechura del dibujo nº 13 [FIG. 13]; y para que corte el agua, poner otra tabla desde la frente de él hasta el extremo de la otra, que haga un poco de círculo.

Asimismo se pueden hacer riegos mejorando las presas que usan, y, aunque sean algo más costosas serán más firmes y seguras que no las lleve el río, porque la causa que la suele llevar es, o por ser muy empinadas, o por ir la coz del agua[40] sacando las piedras y desmoronándolas poco a poco hasta que las derriba, lo cual cesaría con dos cosas: la primera, haciendo una presa baja donde rompe el río algo de la fuerza y junto a ella la presa mayor, la cual ha de estar más tendida que las ordinarias, y que sea de piedra puesta como los canales de los tejados, que el agua que corriere no tenga en que topar. También se puede levantar agua para fuentes o riesgos, poniendo una rueda ancha de frente con sus tablones en el ojo del puente que tuviere más corriente y en los dos extremos ha de haber dos barcones[41] de suerte que, aunque el río crezca, suba la rueda con el agua; y puédase hacer de manera que en las dos barcas de los lados, haya dos maderas las cuales tengan tres bolas, cada una con sus pezones[42],que estén encajadas en la dicha maderas, y salgan el pezón una cuarta, y luego este hecha la bola, y en los dos estribos del ojo de la puente, haya dos vigas encajadas en cada uno, muy firmes y tengan su canal por medio donde encajan los dichos tres bolas que están en las vigas, que están firmes en la barca y en ellas o otras, afirman los ejes de la rueda ancha de frente, de manera que suban y bajen con la creciente y menguante por los dichos canales, aplicando a esta rueda noria o rueda de cajones, y también podrá servir para molino conforme se ve en el dibujo nº 14 [FIG. 14]. Y asimismo se puede levantar agua para las cosas susodichas haciendo la rueda debajo de los molinos porque la furia del agua, aunque ha pasado por ellos, es bastante para levantar muchas.

También se puede hacer molino en arroyo que no tenga agua bastante para moler, en dos maneras: Haciendo una rueda ancha de frente con sus cajones que levante en un es-

FIG. 14
Noria de cangilones adaptable al nivel del río. Dibujo nº 44 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.



tanque lo que fuere necesario que tenga caída, y, aplicando una de estas máquinas o noria que asimismo levente el agua al estanque, La otra, haciendo otra rueda en la misma canal del molino más baja de la rueda de él, de suerte que después que haya hecho su fuerza en la primera, la haga en la segunda y levante el agua sobre la prensa. Y adviértase que para riesgos se levantará mucha mayor cantidad, si por acequia atraen el agua en toda el altura que se pueda y que la rueda de los tablones en que bate, en el eje tenga otra que bata la que levanta el agua; y que si en los molinos se baja la canal que hiera en la rueda casi de cuadrado y que salga el agua como los de cubo, hará más fuerza y molerá más por el peso que hace el agua. Y así de estas máquinas susodichas como de las que se dirán, se podrán aprovechar para desaguar minas, aunque lo más natural a las que no se puede hacer contramina, hacer un pozo en la parte más honda de junto a la mina, y ahondarle hasta que topen agua corriente para que con ella se vaya la de la mina, encaminándola por socavón; y esto propio puede servir para consumir y desaguar algunas lagunas que hacen daño a las poblaciones y desaguar fosas.

Y si quisieren subir agua, así para riegos como fuentes por tesibica, hágase un husillo vaciando de bronce, que tenga cuatro roscas, y bastará que sea de grueso poco más de un dedo, y de las roscas adentro tenga otras cuatro de liso; y hágase su hembra de la propia forma de la propia forma, que tenga una vara o más de diámetro, y el husillo se haga de madera de encina y en él encajado el bronce, y la hembra encajada en piedra bien recia desde donde se encaminan los caños, los cuales, para que duren mucho y no se revienten, se pueden hacer de olivo, nogal o acebuche, porque con el aceite que tiene la madera despida el agua con facilidad; también son buenas de barro cocido como arcaduces[43], los cuales vayan puestos en una canal más ancha al doble que ellos y échese el vacío de pez y polvo de ladrillo en medio ha de tener el eje de encina media vara de grueso, y a los lados dos linternas[44] de vara cada una de diámetro; y la rueda que mueve el agua ha de tener el mismo eje otra rueda menor que tenga otros tantos dientes como cada una de las linternas del uso; digo, en la mitad de la rueda dos dientes menos, porque moviendo la una de las linternas, da una vuelta al lado y luego toca en la otra y vuelve al lado contrario. Se han de hacer las roscas del tornillo de manera que en una vuelta entre casi una cuarta y bien se puede hacer que de vueltas o más, haciendo mayor de diámetro la rueda que bate en las linternas, y en la que bate el agua sea ancha de frente a la traza de las susodichas. Este tornillo aprieta el agua con suavidad y con eso se romperán menos

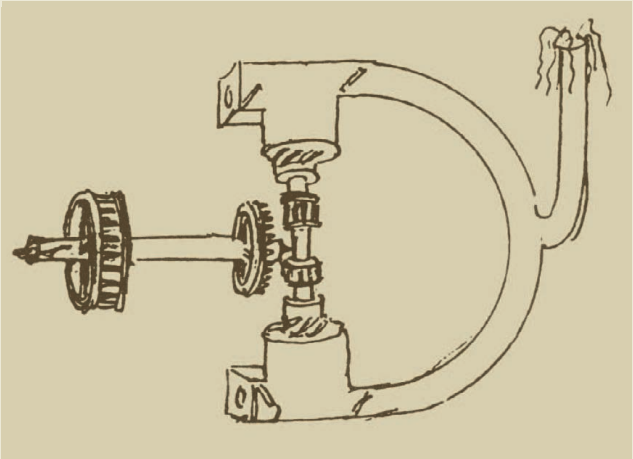


FIG. 15 Bomba de husillo. Dibujo nº 45 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

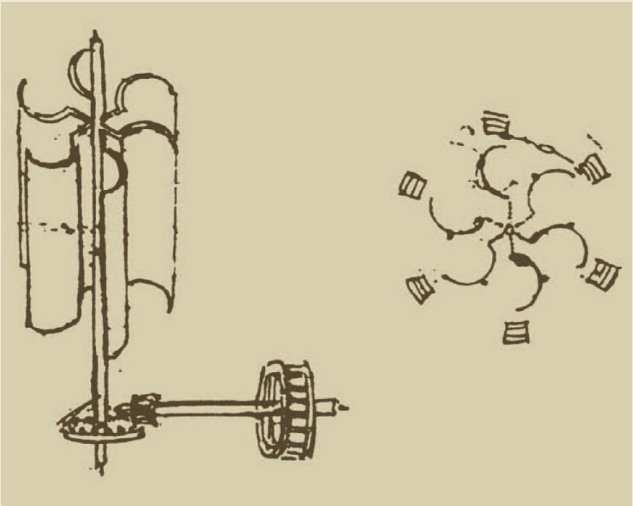


FIG. 16 Molino de viento de eje vertical. Dibujo nº 46 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

los caños. Puédense hacer las chufetas[45] como medias vara de bronce con sus husillo a manera de tornillo de fuente, que entre en un cubo que esté pegado al caño, que se pueda quitar y poner cuando sea necesario aderezarle, a la traza del dibujo número 15 [FIG. 15].

Y porque en muchas partes podrá ser de gran servicio mejorar los molinos de viento que se usan así para moliendas como riegos, fuelles y martinetes, se podrán hacer de la forma del dibujo número 16, buscando el sitio acomodado que corra aire, y se levante agua en menos altura porque sea mayor cantidad para riegos. Hágase un huso de treinta palmos o más, porque tanto más alto fuere participará más del aire, y se le pongan seis álabes. Que cada uno tenga diez pies desde el huso al extremo, y de altura veinte pies y, si tuviese más cantidad en altura y anchura, será mayor su potencia; el primer tercio, que son tres pies y un tercio, no ha de tener vela, y las otras dos hacia la punta sí, porque cualquier fuerza en el extremo es mayor; y la vela sea hecha en arco conforme al dibujo número 16 [FIG. 16], porque el cóncavo hace fuerza el viento; y desde el extremo de la vela hasta los pilares, ha de haber dos pies y medio, que pueda pasar una persona, y los pilares han de tener tres vara de distancia en línea recta hasta el círculo conforme a la traza; puédense hacer los pilares cotos de una vara en cuadro y, a la redonda de ellas, una canal de madera, y en lo alto otra, y hacer una puerta con sus ruedas por debajo que vayan en la canal y que sean tan ancha como la distancia que hay de un pilar a otro; y, cuando venga el viento, la haga rodar tapando la parte del convexo y dejando el cóncavo; y se puede hacer en lo alto una veleta que con el aire que corre vaya moviendo la dicha puerta; también se puede, con los molinos que se usan servir para estas máquinas.

La máquina que se sigue es de la importancia que se ve en nº 17 [FIG. 17]; porque, desaguando los navíos se vence muchos inconvenientes que tiene las bombas, como son subir en tanta altura en el agua y, si hay tormenta, andan mal a la bomba y, si se pelea peor, por haber de estar descubiertos; y, si tiene algún espiráculo, no saca agua y, si la rompe de un cañonazo, cuanto mucho lleva otra, y si ella hacen lo propio, cesa el sacar agua; y

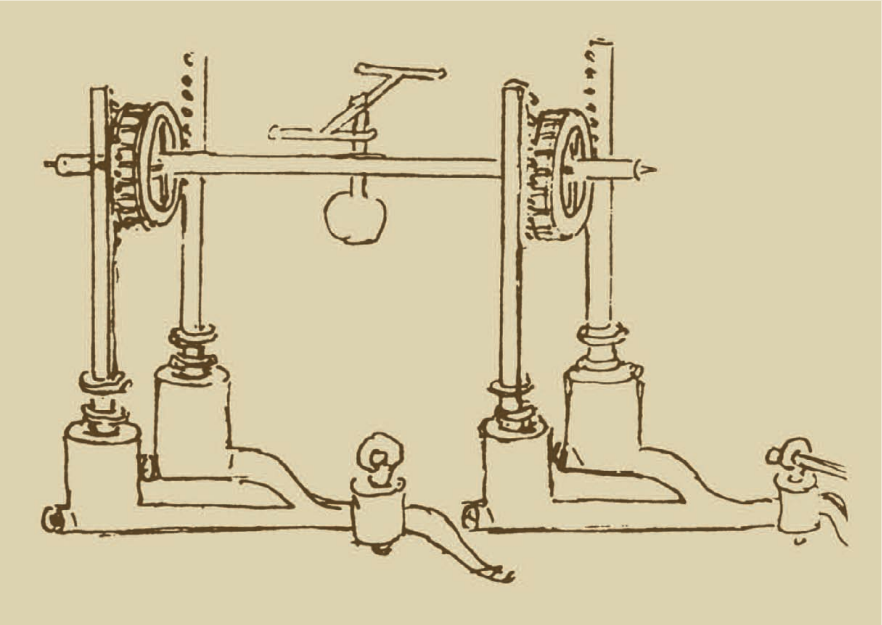


FIG. 17
Bomba de achique para barcos. Dibujo nº 48 de la Cédula de 1606 del Archivo General de Simancas, CCA, CED, 174.

si la cantidad que entra vence a la que saca la bomba, se anega. Parece que cesan estos inconvenientes con la máquina presente porque, aunque hay tormenta y se peleen, se pueden estar desaguando, y la artillería no puede tocar a ella y, cuando entre mucha agua al navío, pueden ir dos o cuatro máquinas para sacarla; y hacer los caños grandes, pues tiene tanta pujanza el movedor; a los lados de la quilla se hagan dos caños por cada parte de proa y popa, que viene a ser ocho, aunque faltaran cuatro, pues cada uno sacará más agua que la sacan los navíos de Vuestra Majestad, los cuales agujereen el navío por abajo y haga de distancia del uno al otro ocho pies, y vayan encaminados hacia la popa del navío, porque con su corriente no halle impedimento el agua al salir; y para poder aderezar los caños y chufetas, hágase un cubo como de carro, algo más recio y bien barreado[46], el cual esté puesto por donde sale el agua del navío y en él un huso a manera de tornillo de fuente, que esté muy ajustado macho y hembra, de metal, de manera que, cuando se quiera sacar agua, con una palanca se dé vuelta y abra como en el dicho tornillo de fuente, y los dos caños que están en el un lado del navío, que hay de distancia del uno al otro los dichos ocho pies; del otro lado ha de haber otros dos enfrente de ellos, de manera que el uno y el otro de ambas partes se vengan ajuntar en uno, a un pie del dicho cubo; y en cada uno de estos caños ha de haber un agujero que entre una tabla cuadrada muy ajustada, con su zapatilla[47] de hierro aforrada en ante, para que, siempre que se quiera aderezar[48] se saque la dicha zapatilla con dar vuelta al huso y cerrar el caño, sin que pueda entrar agua en el navío; otra como ésta ha de llevar al lado del cubo que se recoja el agua [en el margen] y en los cuatro caños del navío hacia la popa ha de salir el agua[rúbrica y fin de la anotación al margen] por ellos; con el movimiento de un eje que esté puesto a lo largo del navío y a los cabos tenga dos ruedas que manda la balanza, cuando aprieta por un lado, recoja agua por el otro y en la proa habrá otro tanto y bastará como está dicho que para de ordinario saque el agua por los dos caños, que viene a dar en uno; también se puede hacer los caños que desde un pie del cubo donde ha de estar el husillo, comience a levantarse el caño y esté torcido, que venga a tener pie y medio de

altura en línea recta y por medio atraviese un husillo muy ajustado como tornillo de fuente, y en el agujero de él se encaje a hechura de una media naranja que por medio tenga sus travesaños que vayan encajados abajo y arriba en dos cercos de hierro o metal, y en medio tenga dos agujeros en que encajen los pezones de la media naranja, la cual ha de estar muy ajustada en un cerco muy torneado de bronce, y bastará que la media bala solo tenga medio dedo de metal por cerco y lo demás de madera porque sea más ligera; esto durará mucho sin que sea necesario aderezarlo y, cuando lo sea, con cerrar el dicho tornillo por donde sale el agua, se quita éste; la balanza ha de estar bajo de cubierta, y cuanto más peso se eche en ella, tendrá más fuerza; y de las ruedas de los lados bajarán los maderos abajo a la quilla, donde aprieten y recojan el agua y la echen fuera; y también se puede hacer con rueda movida con dos o cuatro hombres a cada lado.
Aunque este ingenio que sigue, por causa de las corrientes de mar no se puede ajustar porque las que van de través en el navío, por ser más ligera la rueda que él, no se podrá saber con certeza lo que camina; y el mismo inconveniente tiene aunque menos las que van de popa a proa, aunque se facilita el saber con más certeza lo que camina y lo que viene a descaecer[49], y en el paraje que se halla; y lo que toca a las corrientes, con la experiencia podrán ver cuantas más vueltas viene a dar la rueda que lo que el navío camina. Como, si estando en un paralelo, el navío hubiese descaecido dos leguas y la rueda hecho demostración de cuatro, desquítense las dos.

Hagan una rueda y en la frente sus tablones, que sea de una vara de diámetro o menos, puesta entre dos fieles la cual tenga cuarenta y ocho dientes, y esta rueda peine[50] en un huso que tenga seis dientes en su linterna; la rueda ha de estar puesta al un lado de donde el timón, de manera que cargado el navío entre poco en el agua y el huso es que peina suba la cantidad que les pareciere, donde, por una portaneta, venga a peinar [en el margen] en otra linterna que ha de haber en el dicho huso de seis pilastras[51]; peine[rúbrica y fin del margen] en otra rueda de cuarenta y ocho, por manera que esto se viene al multiplicar que, cuando da una vuelta la dicha rueda de una vara de diámetro, camina tres varas el navío, y dando una vuelta la segunda rueda camino lo propio, porque el husillo que dio ocho vueltas, hace dar otra vuelta a la rueda que está arriba en la portaneta y aquella, batiendo en otra con la linterna de seis, viene a dar ocho vueltas mientras una la de abajo; y así pueden aplicar otras ruedas, que venga el navío a caminar diez mil varas primero dé una vuelta la rueda; las cuales cada una ha de llevar sus números a manera de reloj, que se sepa las vueltas que ha dado cada una. Y para las corrientes que dan de través haya otra rueda como la susodicha, puesta de través en el lado de la popa, de manera que cualquiera parte del través de la nave que corra la corriente, vuelva la rueda. Adviértase que las ruedas que baten en el agua ha de estar cubiertas por los lados, y asimismo lo ha de estar todo lo que está fuera del agua, por manera que las olas del mar no pueda batir en ella, ni la corriente del navío pueda batir en la rueda que está puesta al través para las corrientes. Y para saber lo que ha caminado mírese las vueltas que hubiere dado la principal rueda, y después mírese lo que hubiere descaecido la otra por la corriente, y sáquense dos líneas desde el punto, la una recta para donde se camina, y la otra lo que hubiere descaecido, y dese un círculo desde el punto y medirán la distancia que hay de la recta a donde se camina hasta lo que se descaeció, y hallarán la cuenta de lo que es, Y ténganse cuidado de ver con el viento prosperó las vueltas que dio la rueda

y, si mudare el viento y torcieren del viaje que llevan escríbase a la hora que fue, y hasta que mude el viento para hacer su viaje, que cuenten las vueltas que ha dado la rueda y por la misma cuenta susodicha hallarán lo que ha descaecido. En Valladolid a doce de marzo, año de mil seiscientos dos, Don Jerónimo de Ayanz.

Y nos suplicaste que, atento al trabajo, estudio e industria que habéis puesto para hallar los dichos remedios, trazas e invenciones, tan útiles y necesarias a nuestro servicio y al bien público, fuésemos servidos de daros privilegio para que vos y vuestros sucesores, y no otras personas sin licencia vuestra o suya, puedan usar de ellos, o como la nuestra merced fuese. Y nos, teniendo consideración a todo lo que está referido y a que, habiendo visto por nuestro mandado los doctores Arias de Loyola[52] y Ferrofino[53] las dichas trazas e invenciones, las aprueban certificando se de mucha estimación, ingenio e importancia, lo habemos tenido por bien; y por la presente damos licencia y facultad a vos, el dicho Jerónimo de Ayanz, para que por tiempo de veinte años primeros siguientes, contados desde el día de la fecha de esta nuestra cédula en adelante, vos y vuestros sucesores o quien en vuestro poder o suyo hubiere, y no otra personas algunas siendo las dichas invenciones, ingenios y maquinas nuevas en estos reinos, podáis usar y uséis de ellos; y prohibimos y defendemos que durante el tiempo de los dichos veinte años, otras personas algunas de cualquier estado, condición y calidad, no sean osados de hacer, tener y usar de los dichos ingenios, sino tan solamente vos, el dicho Jerónimo de Ayanz y vuestros sucesores o quien vuestro poder o suyo hubiere o dieres licencia para ello, so pena que cualquiera otra persona o personas que, sin tener vuestra licencia durante el dicho tiempo lo hiciere o usare de los dichas invenciones, ingenios u trazas, incurran por el mismo caso y hecho cada vez que lo hiciere en cincuenta mil maravedís de pena y el arte perdido; la cual dicha pena aplicamos en esta manera: La tercia parte para mi Cámara, y la otra tercia parte para el juez que lo sentenciare y la otra tercia parte para el denunciador y mandamos a cualesquier jueces y justicias de nuestro reino y señoríos, a cada uno en su jurisdicción que, siendo requeridos por vos, el dicho Jerónimo de Ayanz, o quien vuestro poder hubiere, ejecutar en los tales las dichas penas; y asimismo mandamos a nuestro Consejo, Presidentes y Oidores de las más Audiencias y Chancillerías y otras cualesquiera, nuestros jueces y justicias de estos nuestros reinos y señoríos que os dejen usar u uséis de las dichas invenciones y máquinas, guardando y cumpliendo esta nuestra cédula y lo en ella contenido. Fecha en San Juan de Ortega a 16 de junio de mil seiscientos y tres años. Firmada de Su Majestad y refrendada de Juan Ruiz de Velasco, y firmada del conde de Miranda y licenciados Núñez de Bosques, doctor don Alonso de Ágreda y licenciado don Fernando Carrillo [rúbricas]

El rey [rubricado]

NOTAS a modo de GLOSARIO

1. En el texto original Jerónimo está escrito como Hierónimo.
2. **Almártaga.** Especie de escoria de metal consistente en un óxido de plomo fundido en láminas muy pequeñas de color amarillo o rojizo con lustre vidriado.
3. **Dineral.** Unidad de peso empleada por los ensayadores para determinar la ley de los metales finos como el oro y la plata.
4. **Cuchareta.** Cada uno de los platillos de la balanza.
5. **Fiel.** Apoyo para poder girar.
6. **Cendrada.** Pasta que queda de la plata después de afinada.
7. **Azogue.** Nombre que se le daba al mercurio.
8. **Cratícula.** Rejilla en forma cuadriculada por donde caen las cenizas.
9. **Espiráculos.** Respiradero u orificio de respiración para efectuar el tiro del aire.
10. **Desazogar.** Eliminar el mercurio.
11. **Capelo.** En este caso se refiere a la cubierta del alambique.
12. **Espíritus.** Condensados del destilado.
13. **Portaneta.** Puerta pequeña.
14. **Masapella.** Masa amalgamada en forma redonda de plata que se obtiene al beneficiar con azogue minerales argentíferos.
15. **Vara.** Medida de longitud equivalente a 84 cm aproximadamente.
16. **Aceña.** Molino harinero de agua situado dentro del cauce de un río.
17. **Cimborrio.** En este caso se refiere a la cúpula que cubre el horno.
18. **Cochura.** Bien cocido, tostado.
19. **Tercia.** Unidad de medida correspondiente a una tercera parte de vara, son unos 28 cm.
20. **Calda.** Golpe de calor.
21. **Asgar.** Asir, sujetar.
22. **Aguja de marear.** También llamada *aguja náutica*, es el aparato destinado a registrar la dirección de la quilla con respecto a la línea norte-sur del horizonte.
23. **Acémilas.** Mulas.
24. **Trébedes.** Soporte metálico de tres patas donde se colocaban los pucheros sobre las brasas para cocinar.
25. **Ratonera de agua.** Artilugio para cazar ratas de agua. En este caso se refiere a una puerta que debía tener una especie de muelle con lo que siempre estaba cerrada salvo que se forzara su apertura.
26. **Cabo.** Extremo final.
27. **Vaco.** Vacío.
28. **Vaqueta.** Cuero de ternera, curtido y adobado.
29. **Reclamo de codorniz.** Especie de fuelle cilíndrico formado por una estructura de aros y recubiertos de cuero.
30. **Cigüeña**. Manivela.
31. **Arga.** Ver Asga.
32. Los corchetes corresponden a espacios en blanco que aparecen en el texto original.
33. **Sexma.** Unidad de medida que corresponde a unos 13,9 cm.
34. **Molledos.** Partes carnosas y redondeadas de ciertos miembros, en este caso se refiere a los brazos.
35. **Alzaprima.** Palanca (barra inflexible para transmitir una fuerza).
36. **Ochavo.** Octógono.
37. **Tas.** Yunque pequeño utilizado por los plateros.
38. **Tesibica.** Bomba aspirante de pistones. Llamada así por haber sido inventada por el alejandrino Ctesibio.
39. **Martinete.** Mazo, generalmente de gran peso, para batir algunos metales, abatanar los paños, etc.
40. **Coz del agua.** Remolino de agua que se forma en la zona de la cimentación de la presa que puede socavar la construcción.
41. **Barcones.** Barcazas.
42. **Pezones.** Protuberancias en forma de media semicircunferencia que sirven como engranajes.
43. **Arcaduces.** Cangilones o pequeñas cajas sujetas a una soga o cadena, que recogen el agua de un pozo y la vacían en la parte superior.
44. **Linternas.** Ruedas que sirven para engranar en otra, formada por dos discos unidos por barra verticales (pilastras).
45. **Chufetas.** Braserillo manual de metal o de barro, que servía generalmente para encender el cigarrillo o quemar hierbas aromáticas.
46. **Barreado.** Reforzado con barras.
47. **Zapatilla.** Válvula. Eran las válvulas que se abrían al aspirar un fluido y se cerraban al expulsarle, se usaban en tesibicas.
48. **Aderezar.** Poner derecho, recomponer.
49. **Descaecer.** Puede interpretarse como desviarse.
50. **Peine.** Engrane.
51. **Pilastra.** Barras verticales de la linterna que sirven para engranar con los dientes de una rueda dentada.
52. **Arias de Loyola.** Juan Arias de Loyola. Cosmógrafo español del siglo XVII que inventó un procedimiento para calcular la longitud del mar, ganando el premio de 6.000 ducados y de 2.000 de renta anual que por él se ofreció. Escribió un Tratado sobre el modo de hallar la longitud y la aguja fija.
53. **Ferrufino.** Se trata de Julián Firrufino que estuvo al servicio de Felipe II como ingeniero de fortificaciones y artillería en el estado de Milán a partir del año 1577. Por sus conocimientos en matemáticas y artillería se le encomienda en 1589 la enseñanza de los artilleros de Burgos. Fue catedrático en la Academia de Matemáticas de Madrid.

BIBLIOGRAFÍA

N. GARCÍA TAPIA: *Patentes de invención españolas en el Siglo de Oro*. Madrid, Oficina Española de Patentes y Marcas, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2008.

— *Un inventor navarro, Jerónimo de Ayanz y Beaumont (1553-1613)*. Pamplona, Centro de I+D Jerónimo de Ayanz, Universidad Pública de Navarra, 2010.

Volver al índice

5
Real Casa de Moneda de Segovia Hidráulica e Ingenios

JOSÉ MARÍA IZAGA REINER
Ingeniero Industrial

JORGE MIGUEL SOLER VALENCIA*
Profesor de Formación Profesional

INGENIOS DE LAMINAR Y ACUÑAR

El Ingenio de la Moneda de Segovia se construyó específicamente para alojar una nueva técnica de acuñar monedas. Uno de los principales objetivos de esta innovación era conseguir monedas de muy buena calidad o, lo que es lo mismo, de circunferencia perfecta, espesor uniforme, peso exacto e imágenes en el anverso y reverso acuñadas de forma muy regular y completa, todas iguales. Ello permitía comprobar con una simple inspección visual si las monedas habían sido cercenadas fraudulentamente. Unas piezas de calidad debían ser fiel reflejo e imagen de la monarquía.

A mediados del siglo XVI se habían desarrollado en el sur de la actual Alemania unas máquinas o ingenios que permitían conseguir mecánicamente láminas de metal de espesor uniforme. Este logro era muy importante, pues hacía más fácil conseguir monedas de peso exacto e iguales en forma y dimensiones. El mecanismo consistía en hacer pasar el metal entre dos rodillos de acero paralelos, con una separación determinada entre ellos, que tenían sus superficies lisas y que giraban en sentido contrario. La separación entre los rodillos se podía regular. Al pasar el metal entre los rodillos estos lo comprimían y lo alargaban. Esta operación se efectuaba sucesivamente en diferentes ingenios con separación entre sus rodillos cada vez menor. El resultado era una tira o llanta de metal de espesor igual a la separación entre los rodillos y cada vez más larga. Eran los llamados ***ingenios de laminar***.

Si sobre la superficie de uno de los rodillos se grababa la imagen del anverso de una moneda y sobre el otro la del reverso, y si ambas quedaban perfectamente enfrentadas, cuando la lámina de metal pasaba a presión entre ambos rodillos, estos grabados quedaban acuñados sobre su superficie. El resultado era una larga llanta de metal con las imágenes

FIG. 1 Pareja de cuños cilíndricos para cincuentín que se conservan en el Museo de la Casa de Moneda de Madrid.

acuñadas a todo lo largo de ella en sus dos caras. Eran los llamados ***ingenios de acuñar***, y los rodillos se denominaban también ***cuños***. [FIG. 1]

En los *ingenios laminadores* los trabajadores introducían el metal manualmente entre los rodillos, que al girar arrastraban el material, en cada pasada el espesor se reducía y eran necesarias numerosas pasadas para llegar a reducir el espesor de las láminas al de las monedas que se deseaban acuñar, del orden de entre siete y veinte pasadas, que se redujeron a cuatro para las monedas de cobre en el siglo XVIII. Las llantas de metal resultantes podían alcanzar una longitud de 3,75 metros (cuatro y media varas)

En los *acuñadores*, los trabajadores introducían la lámina de metal ya con el grosor preciso conseguido previamente en los laminadores y en una sola pasada salían las caras de la moneda estampadas.

Estos *ingenios de laminar y acuñar* podían estar movidos por la energía de los animales (energía de sangre) o por la energía del agua (energía hidráulica). En Segovia se utilizó la del agua y fue una de las características que determinaron la historia de la Casa de Moneda segoviana, así como su ubicación, y el diseño y la distribución de los edificios que se construyeron. [FIG. 1B]

Así como los ingenios a rodillos de laminar y acuñar eran unas máquinas nuevas, el aprovechamiento de la energía del agua ya estaba ampliamente extendido y aplicado a numerosas labores en España y en toda Europa. En el propio río Eresma se asentaban molinos harineros, molinos de papel y batanes de paños que aprovechaban sus aguas para mover sus muelas y mazos.

Cada una de estas máquinas o *ingenios* contaba con una rueda hidráulica de eje horizontal construida en madera y con refuerzos en hierro, que estaba instalada en el exterior del edificio de máquinas, en la zona de los canales, tenía 3,75 metros de diámetro (13 ½ pies castellanos) y 28 cm de anchura (1 pie castellano) y disponía en su perímetro de veinte palas rectas. Estas recibían el choque del agua que caía desde un canal elevado y que las hacía girar. La rueda hidráulica era el motor de la máquina y se regulaba su velocidad dando más o menos agua por medio de su compuerta.

La rueda hidráulica era solidaria a un gran eje de madera o *árbol* de 22 pies de largo (los de las ruedas de acuñar tenían 13 ½) que se introducía en el edificio por un hueco en el muro y que en el extremo del interior llevaba solidaria otra rueda engranaje con travesaños llamada *linterna*. Engranando con esta rueda *linterna* había otras dos ruedas con dientes llamadas «*colaterales*», perpendiculares a la primera y paralelas entre sí. Por su posición, estas giraban en sentido contrario. A su vez, cada una de estas ruedas *colaterales* hacían girar a uno de los rodillos o *cuños* paralelos, de acero, entre los que se introducía el metal. Cuando la rueda hidráulica giraba por el impulso del agua todo el sistema de ruedas giraba accionando los dos rodillos. En el interior de la sala de máquinas existía un bastidor en el que se apoyaban las diferentes partes del ingenio.

FIG. 1B Presa o azud de la Casa de la Moneda de Segovia.

Las ruedas hidráulicas estaban construidas con madera de álamo negro (olmo), para los árboles y cruces se usaba el pino de Valsaín, y el pino albar para las gualderas, camones y palas. En los ingenios se emplearon maderas de nogal, olmo, aliso y encina. Solamente eran de hierro y acero los refuerzos, los rodillos y la caja que los sujetaba. [FIG. 2]

Los primeros ingenios fueron traídos desmontados desde Hall in Tirol, cerca de Innsbruck, bajo la supervisión de los técnicos de la fábrica de moneda de aquella ciudad.

Inicialmente se instalaron tres ingenios de laminar y dos de acuñar, que al poco tiempo fueron ampliados a cinco de laminar y dos de acuñar. Pocos años después, en 1592, se instalaron en el llamado Ingenio Chico otros cuatro de laminar y acuñar destinados exclusivamente a elaborar moneda de plata y oro. [FIG. 3]

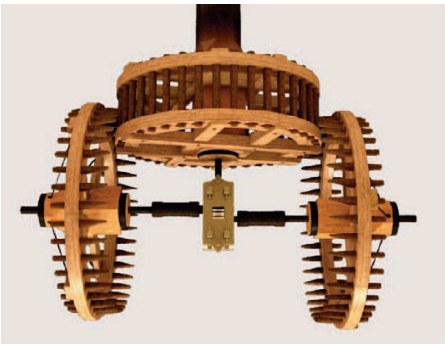


FIG. 2 Mecanismos del ingenio: una linterna, dos colaterales y una caja de cilindros. (Infografía IDEAREA).

FIG. 3 Sala con los cinco ingenios, reconstrucción virtual (Infografía IDEAREA).

Las siete máquinas o ingenios realizaron las labores de laminado del metal y de acuñado de monedas hasta 1771. En esta fecha los ingenios de laminar se redujeron a cuatro y se eliminaron los dos de acuñar. En cada uno de los laminadores trabajaba un operario. El acuñado pasó a efectuarse con una nueva tecnología que se incorporó, en prensas de tornillo o husillo, a las que también se llamaba *volantes*.

Para el estudio y la reconstrucción virtual de estos ingenios se han tomado como principales fuentes de información: una maqueta existente en el Museo de Segovia, en donde fue depositada cuando se cerró la Casa de Moneda; el plano de 1664 de la Casa de Moneda de Cuenca, que fue construida tomando como modelo la de Segovia, y que si bien es una planta general, destaca por su gran detalle gráfico; los cilindros de acuñar guardados en el Museo de la Casa de Moneda de Madrid, que fueron facilitados amablemente; los trabajos publicados sobre los ingenios de la Casa de Moneda de Potosí (Bolivia); los restos arqueológicos localizados en la Casa de Moneda de Segovia; y la visita al Museo Casa de la Moneda de Hall in Tirol y el ingenio allí reconstruido.

TALLER DE HERRERÍA

El Real Ingenio de la Moneda de Segovia dispuso desde un principio de un importante taller de herrería en el que se fabricaban las herramientas necesarias para los trabajos de acuñación de moneda. Estaba situado en el extremo este de la Sala de Ingenios.

Los rodillos de laminar y acuñar construidos en hierro y acero sufrían un desgaste continuo y era necesario fabricar unos nuevos que sustituyeran a los deteriorados. Esta era la principal labor de ese taller. También era necesario elaborar cuños manuales para utilizarlos como herramientas para grabar rodillos, así como otros útiles.

La complejidad de la elaboración de rodillos y cuños cilíndricos y su cantidad justificaban el tamaño y la gran dotación de máquinas de que dispuso la herrería.

Para la elaboración de los rodillos se partía de trozos de hierro y acero a los que se les daba la forma de cada parte aproximada por medio de golpes. Para ello se disponía de un mazo o martillo hidráulico [FIG. 4]. Previamente el metal debía ser calentado a temperatura de forja (aproximadamente 1.100 ºC) lo que se efectuaba en una fragua utilizando carbón vegetal y a la se que insuflaba aire mediante un fuelle de cuero.

Seguidamente en un torno para metales se les daba la forma cilíndrica perfecta y se pulían sus superficies. Los detalles se remataban con limas manuales. Los rodillos destinados a acuñar pasaban a manos del grabador que grababa manualmente las imágenes de las monedas. Se terminaba la elaboración dándoles un tratamiento térmico para aumentar su dureza.

En este taller trabajaban el herrero y el tornero con sus ayudantes, así como otros trabajadores como los de lima.

Desde la instalación de la Casa de Moneda en 1585, la fragua con su fuelle, el martinete o mazo y el torno eran los tres ingenios alojados en este taller, todos movidos por su correspondiente rueda hidráulica. Existían además un banco de trabajo con varios tornillos de mesa, yunques, piedras circulares para desbastar y afilar y gran número de herramientas de mano.

FIG. 4 Funcionamiento de un martinete o mazo.

Las ruedas hidráulicas eran en su forma iguales a las de los ingenios de laminar y acuñar, de eje horizontal y palas rectas, pero de menor diámetro; sabemos que la del torno tenía 16 palas.

La herrería, que aparece representada esquemáticamente por primera vez en el plano de Vallejo de 1678, fue desmontada de su emplazamiento original en 1771 y trasladada al extremo oeste del edificio, donde ya no era impulsada por la fuerza del agua sino solamente por la fuerza de sus trabajadores.

Ningún resto de la instalación ha llegado hasta nuestros días. La que se muestra actualmente ha sido reconstruida a partir del ya citado plano de 1664 de la Casa de Moneda de Cuenca, y también a partir de otros modelos, restos y documentación histórica.

En las excavaciones arqueológicas aparecieron los huecos en el muro del edificio por donde entraban cada uno de los tres ejes o árboles de las ruedas hidráulicas que movían los tres ingenios de esta herrería. La situación de estos huecos ha permitido determinar la posición que dichos ejes ocupaban en el interior del edificio.

El mazo o martinete

Los primeros mazos de forjar movidos por el agua de los que se tienen referencias en España datan del siglo XIII, por lo que cuando se instalaron en Segovia su uso estaba muy difundido, sobre todo en el norte de la Península.

El sistema consistía en un mango de madera, en posición casi horizontal, que disponía en su parte central de un eje sobre el que se apoyaba y giraba; en uno de sus extremos disponía de una cabeza de acero en forma de martillo o maza que golpeaba la pieza a trabajar, y por el otro extremo era pulsado hacia abajo de forma que el extremo del mazo se elevaba. Esta pulsación o accionamiento era efectuado por una rueda hidráulica montada sobre un grueso eje o árbol de madera. En este eje sobresalían cuatro dientes o *pujones* que al girar hacían bajar el extremo del mango. Cuando por el giro el *pujón* perdía contacto, el mango quedaba libre y la maza caía por su propio peso golpeando y deformando la pieza que el forjador había colocado sobre el yunque. Por cada vuelta de la rueda se

FIG. 5 Reconstrucción de un martinete.

conseguían cuatro golpes. El martinete reconstruido en el Real Ingenio puede dar del orden de 100 golpes por minuto en funcionamiento normal. Su cabeza de acero tiene un peso de 57 kg. [FIG. 5]

El mango del martillo y el árbol o eje de la rueda hidráulica son troncos completos de pino, el primero tiene un diámetro de 35 cm y una longitud de 2,85 m y el segundo 50 cm y 3,41 m. Ambos seleccionados de un lote de árboles del bosque de Valsaín.

El mango del mazo está sujeto por un grueso aro de acero, la *boga*, que dispone de dos apoyos en forma de muñones cilíndricos que giran sobre unos cojinetes de bronce fijados sobre una estructura de madera llamada *cepo*. Este soporte consiste en dos gruesas columnas de madera de una sola pieza firmemente ancladas en el suelo y unidas en la parte superior por dos vigas que forman un puente.

El árbol o eje de la rueda está reforzado con numerosos aros o zunchos y otras piezas metálicas que lo comprimen para evitar su agrietamiento. Los *pujones* son elementos de madera de encina solidamente encajados en el árbol. Para la construcción de todos ellos se han seguido fielmente las recomendaciones dadas por el ingeniero de comienzos del siglo XVIII Pedro Bernardo Villarreal de Berriz.

Las principales piezas de hierro de la herrería, la cabeza del mazo, la boga y los yunques fueron construidas por forjadores especializados en Mondragón (Gipuzkoa) a donde se envió un representante provisto de modelos de madera a tamaño real con instrucciones para que se construyeran de los mismos tamaños y formas.

Todo el conjunto está unido con cuñas de madera que además de ser elementos de unión que se mantienen en su posición a pesar de los continuos y fuertes golpes, permiten modificar a voluntad la posición del martillo adaptándolo al trabajo que en cada caso se desea realizar. Desde la Antigüedad hasta finales del siglo XVIII y comienzos del XIX las máquinas o ingenios se construían con madera y se utilizaba el hierro solamente en zonas clave como refuerzos y partes de trabajo.

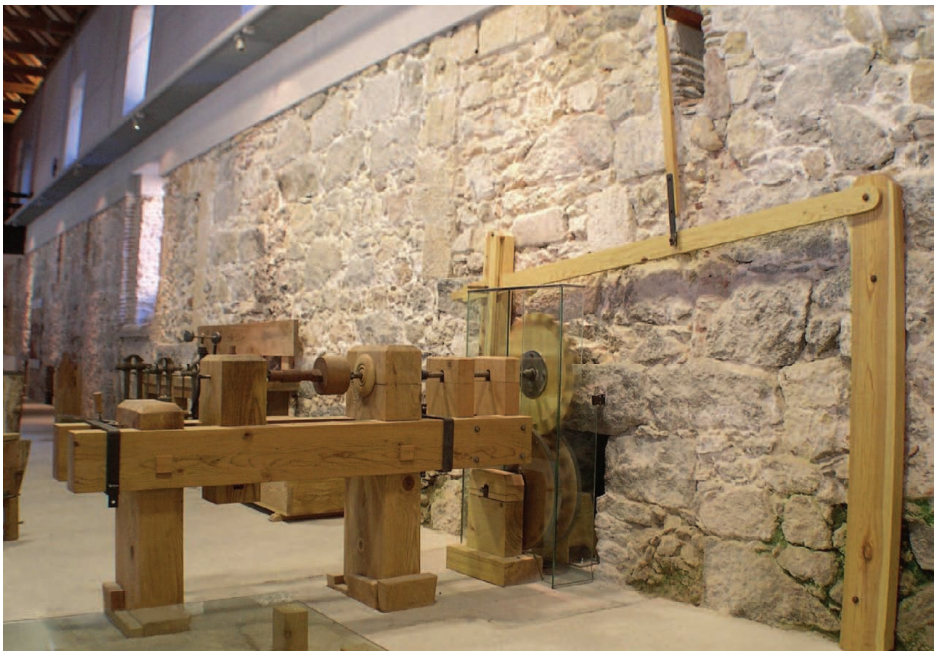


FIG. 6 Reconstrucción de un torno.

Para su utilización el forjador cogía con una tenaza el trozo de acero calentado al rojo en la fragua y lo colocaba sobre el yunque, un ayudante accionaba el tirador que abría la compuerta que daba paso al agua a la rueda hidráulica, esta giraba y transmitía su movimiento al árbol y este al martillo. Variando la apertura podía conseguir una mayor o menor velocidad de golpeo. Entre golpe y golpe el forjador iba moviendo el trozo de acero para que recibiera el golpe en el lugar adecuado para conseguir la forma deseada.

El torno

También el torno de la herrería era de madera y ha sido reconstruido siguiendo el modelo del plano de la Casa de Moneda de Cuenca de 1664. En la Casa de Moneda de Segovia hubo además un segundo torno funcionando en el llamado Ingenio Chico, posiblemente destinado a tornear únicamente rodillos para laminar y acuñar monedas de oro y plata, y movido por su rueda hidráulica. Su existencia se menciona en documentos de 1677 y 1678.

En ellos operaba el tornero, cuya labor consistía en dar forma cilíndrica a los rodillos procedentes de la forja, para lo que utilizaba como herramienta una cuchilla de acero. También los pulía con una piedra natural abrasiva. Ambas herramientas se sujetaban en el extremo de un mango de madera que manejaba con fuerza y precisión con sus manos, apoyándolo en su hombro y en el propio ingenio. Para dar marcha abría la compuerta que daba paso al agua a la rueda hidráulica, esta giraba y transmitía su movimiento al torno. También aquí se podía conseguir una mayor o menor velocidad de trabajo variando la apertura. La velocidad de giro del torno es la misma que la de la rueda hidráulica que lo mueve y puede llegar a treinta vueltas en un minuto. [FIG. 6]

Los tornos del Ingenio de Segovia, para trabajar metal y movidos por ruedas hidráulicas, constituyen una de las primeras referencias conocidas de este tipo de ingenios en Occidente.

FIG. 7 Fragua en funcionamiento.

La fragua

La fragua era un elemento imprescindible para el trabajo de los metales. Calentando el hierro hasta alcanzar una temperatura que lo hiciera plástico, el herrero lo podía cortar, dar forma, perforar e incluso unir varios trozos, que podían ser de hierro y acero, soldándolos con la técnica conocida como *calda*. [FIG. 7]

La fragua está formada por una mesa de obra donde se sitúa el hogar de barro refractario, una chimenea para la evacuación de los humos y el fuelle que insufla aire, normalmente separado del hogar por un murete para evitar en lo posible que se queme.

El mecanismo que expande y comprime el fuelle consiste en una manivela unida al eje de la rueda hidráulica, que con una biela transforma el movimiento giratorio en otro alternativo que se transmite al fuelle por medio de un balancín.

El mazo, el torno y el fuelle del taller de herrería del Ingenio de la Moneda de Segovia fueron movidos por la energía del agua y no por la fuerza del hombre como era habitual para este tipo de labores. Ello es una muestra de cómo se quiso dotar a esta Casa de Moneda de los mejores medios de trabajo conocidos a finales del siglo XVI.

RECUPERACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

Desde que se tomaron las primeras decisiones para implantar una nueva Casa de Moneda con una moderna tecnología, se había optado por la energía del agua como fuerza motriz, al igual que se hacía en Hall in Tirol. Los técnicos alemanes recorrieron la Península buscando una ubicación adecuada, eligiendo en Segovia el molino de Antonio de San Millán, dedicado a la molienda del cereal y a la fabricación de papel, para construir la nueva ceca.

El agua es capaz de producir movimiento cuando un caudal cae desde una posición elevada a otra inferior. Si en esta caída el agua incide sobre una rueda hidráulica la hará

girar y esta, con su movimiento, será capaz de accionar una máquina. Para ello era necesario desviar el agua del río Eresma, conducirla a lo que iba a ser el ingenio por medio de un canal y conseguir de esta manera una diferencia de nivel respecto al río.

Se aprovechó la presa del molino de Antonio de San Millán, aunque sabemos por los documentos que la reconstrucción del azud fue total y no un simple recrecimiento. Se comenzó la obra desde los cimientos y se trabajó intensamente, incluso durante las noches de luna, por temor a una crecida del río que arruinara la obra empezada. La presa era de construcción mixta, tenía la estructura interior de madera y el resto de piedra. La estructura estaba realizada con gruesos maderos fijados con grandes clavos. Los espacios entre los maderos se rellenaban con piedras y se remataba el exterior de la presa. Las partes más comprometidas, como la coronación de la presa, se realizaron con grandes sillares de granito unidos con grapas de hierro.

Recogidas las aguas y elevadas por el azud, un canal las conducía al interior del edificio pasando por debajo del puente de El Parral, donde hubo que abrir un nuevo arco paralelo al del antiguo molino.

A propuesta del Ayuntamiento de Segovia, en 1995 la Confederación Hidrográfica del Duero acometió el acondicionamiento de dicho azud. En la reconstrucción se opta por sustituir la vieja estructura interior de madera y piedra por una nueva de hormigón y conservar las dimensiones, forma y parte de las piedras originales. Sin duda, el acondicionamiento del azud fue la primera obra en la recuperación de la Casa de la Moneda de Segovia.

En el siglo XVI no se dominaban los mecanismos de transmisión del movimiento a distancias superiores a unos pocos metros, por lo que las máquinas o ingenios se construían unidas a su motor, en este caso la rueda hidráulica, de forma tal que solo se concebía cada ingenio como un elemento único asociados la rueda y el mecanismo.

Las ruedas hidráulicas, y cada uno de los ingenios a los que iban unidas, se dispusieron a lo largo del canal, en la misma secuencia u orden que el proceso de fabricación, lo que dio lugar a una distribución en planta de forma lineal. Para alojar estas instalaciones Juan de Herrera diseñó un edificio que resultó necesariamente también de forma lineal o alargado, y paralelo al canal y al río. Para Juan de Herrera supuso la resolución de un problema tipológico, pues debía construir un edificio industrial de nueva planta, específico y diseñado para un proceso concreto.

Fiel a su estilo, que en principio ya era sobrio, adoptó una solución austera y sencilla, un bloque lineal de planta baja y una altura, situando en la planta baja las labores de producción con los ingenios mecánicos y en la planta superior las viviendas y labores más manuales. Proyectó el edificio con unos amplios ventanales para permitir la entrada de la luz natural necesaria para desarrollar los trabajos, ventanales que se sitúan en forma lineal y simétrica, con solo unos recercos en las ventanas y una imposta entre plantas que resaltan la linealidad del edificio.

Ya en el interior del recinto se amplió la zanja o socaz del antiguo molino y se construyó un muro paralelo al edificio para separar los dos caces, el nuevo junto al edificio de máquinas y el viejo del antiguo molino. Este muro serviría además para apoyar los ejes de las ruedas de los ingenios de laminar y proteger, a modo de espigón, la construcción de la erosión de río.

El socaz era el canal inferior o de desagüe al que caía el agua tras pasar por las ruedas y por el que retornaba al río. Se conseguía de esta forma un desnivel o caída entre ambos canales, superior e inferior, en el que se instalaban las ruedas.

En el nuevo canal superior, realizado enteramente en madera de pino de Valsaín, podemos diferenciar dos partes: la primera, el canal de entrada o *canal madre*, recibía las aguas del río Eresma; la segunda, aguas abajo, era conocida como la *caída de las ruedas.*

El *canal madre,* de 16 pies de ancho, tenía la función de alimentar las tres ruedas de la herrería, que estaban situadas en un lateral entre el canal y el edificio. El agua del canal se desviaba a las ruedas por medio de saetines con sus respectivas compuertas para regular su funcionamiento. Este canal de entrada también tenía la función de actuar como balsa y de conducir las aguas hacia *la caída de las ruedas,* donde se emplazaban las grandes ruedas que movían los ingenios de laminar y acuñar.

La *caída de las ruedas* no era como el canal madre un gran recipiente único, sino que estaba dividido en canalillos que alimentaban directamente por su saetín a cada rueda hidráulica de 3,75 metros de diámetro, que en origen fueron 5 ampliándose seguidamente a 7.

Todo el conjunto del canal estaba elevado sobre el socaz y se apoyaba en el muro espigón por su lado norte y el resto sobre pilares de madera. Nada más esclarecedor que las palabras del veedor en plena construcción: «la dicha canal de madera ban ya haziendo los alemanes de muy gruesas vigas y muy espessas y de muy grandes tablones por çima y los lados tan ancha como los 18 pies que he dicho que me parece según la canal es que podría caber por ella Duero» (6 de agosto de 1585). [FIG. 8]

Todo ello respondía a la tecnología del Renacimiento. En aquella época la mayoría de los canales se construían de madera, tanto en España como en el resto de Europa.

En 1770 se decide introducir una nueva tecnología de acuñación por la que las piezas de metal ya recortadas (cospeles) se acuñaban por medio de un golpe en prensas de husillo (tornillo) y volante, que se movían por el esfuerzo de varios hombres que tiraban de unas cuerdas. Con ello se eliminaron los dos ingenios de acuñar movidos por el agua y sus correspondientes ruedas hidráulicas.

Se encargó la remodelación de la Ceca al arquitecto real Francisco Sabatini, quien realizó una redistribución de los procesos de trabajo dentro del edificio. Retiró el taller de forja de su ubicación anterior, y con ello también las tres ruedas hidráulicas que lo movían, y en su lugar instaló tres prensas de volante; también eliminó uno de los ingenios de laminar. El número de ruedas hidráulicas en este canal se redujo de 10 a 4. [FIG. 9]

Como el canal de madera había precisado de continuas y costosas reparaciones y además el caudal de agua necesario para mover los cuatro ingenios que quedaban era menor al anterior, Sabatini diseñó y construyó un nuevo canal de piedra de menor anchura, que sustituía al anterior *canal madre* de madera. Como también habían sido suprimidas las tres ruedas del taller de forja, este nuevo canal se construyó adosado a la fachada del edificio.

La parte de las *caídas de las ruedas* quedó en madera y se mantuvo en su estructura y ubicación dando agua a las 4 ruedas de laminar, únicas que quedaron en toda la fábrica.

En 1849 una de las cuatro ruedas de los ingenios de laminar pasó a mover dos prensas monetarias o prensas mecánicas que acuñaban moneda, haciendo una labor similar a las prensas de volante, quedando las tres restantes para mover los ingenios de laminar, que se redujeron a tres.

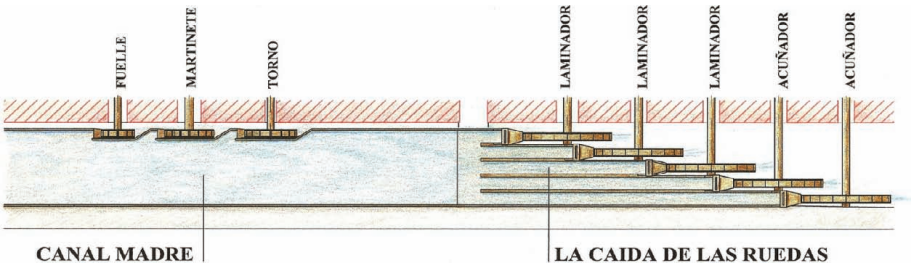


FIG. 8 Reconstrucción hipotética de los canales construidos inicialmente en el siglo XVI junto al Ingenio Grande. A la izquierda, el *canal madre* con las tres ruedas que movían los ingenios del taller de herrería, ubicadas entre aquel y el edificio. A la derecha, los cinco canalillos de la *caída de las ruedas*, que conducían agua a las cinco ruedas de los primeros ingenios de laminar y acuñar. Toda la instalación era de madera.

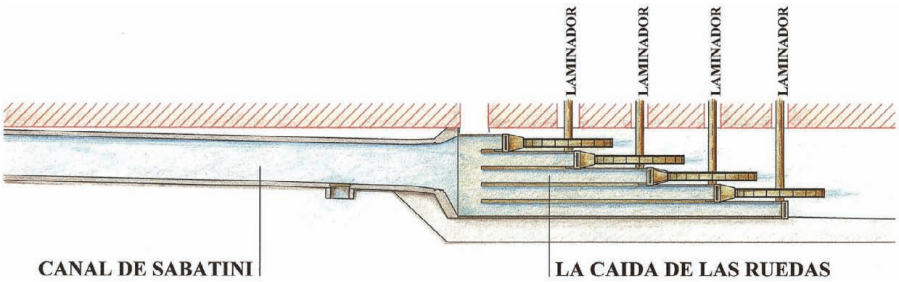


FIG. 9 El conjunto de los canales tras la reforma de Sabatini en 1771. El *canal madre* ha sido sustituido por uno de granito adosado al edificio y se han suprimido las tres ruedas hidráulicas de la herrería. Esta configuración se mantuvo hasta 1866.

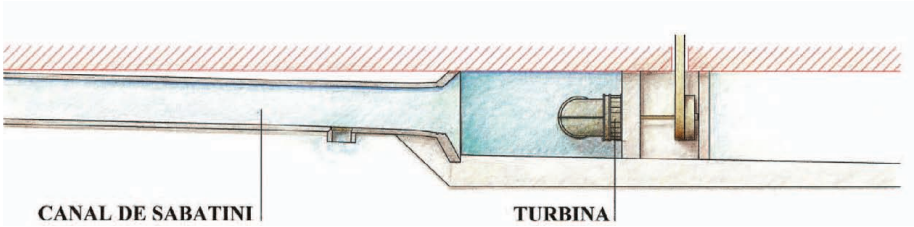


FIG. 10 Los canales entre 1866 y 1967. Se mantiene el canal de granito de Sabatini, se eliminan los canalillos de madera y sus cuatro ruedas hidráulicas y en su lugar se instala una innovadora turbina tipo Fontaine que mueve toda la fábrica. Esta turbina fue sustituida por otras varias, la última de las cuales tipo Francis se representa en este dibujo.

Esta configuración del sistema de canales se mantuvo hasta 1866 en que se arrienda la fábrica a una empresa francesa, que mantiene el tramo de canal de granito, elimina el conjunto de canalillos de madera y las cuatro ruedas hidráulicas entonces existentes, e instala en su lugar una turbina hidráulica, moderna máquina que moverá toda la fábrica, que se dota de prensas mecánicas, a través de un sistema de ejes, poleas y correas de transmisión de cuero, hasta 1868 fecha de cierre definitivo de la Casa de Moneda.

A partir de la transformación de los edificios en fábrica de harinas se mantiene el mismo canal de granito diseñado por Sabatini, así como la ubicación de la turbina en su extremo final, que será sustituida varias veces por una nueva [FIG. 10]. La ultima turbina, del tipo Francis de 60 H.P. de potencia nominal, fue extraída de su ubicación durante las obras de rehabilitación y colocada sobre un pedestal para poder ser contemplada.

La reconstrucción de los canales

Para la rehabilitación del Ingenio de la Moneda de Segovia como museo de la tecnología de acuñación, se ha adoptado como criterio fundamental el de cumplir una función didáctica, mostrando las instalaciones y la tecnología del siglo XVI como periodo más destacable, sin por ello renunciar a la historia de su larga vida industrial. Se plantea la reconstrucción de la maquinaria con funcionamiento real, haciendo destacar la utilización de la energía del agua y su capacidad para mover eficazmente los ingenios utilizados para transformar el metal.

Siguiendo criterios de restauración y museológicos internacionales y comúnmente aceptados, se ha considerado necesario conservar los añadidos de distintas épocas que han llegado hasta nosotros, preferentemente *in situ*, como muestra real del pasado industrial del edificio, realizando intervenciones que puedan ser reversibles, consolidando y respetando el conjunto de lo existente, no solo de una parte o época.

Como consecuencia de estos criterios se ha rehabilitado el canal de granito construido en 1771 según diseño de Francisco Sabatini, que, si bien era conocido en parte, apareció en las excavaciones arqueológicas con toda su fuerza, calidad constructiva y dimensiones. Se comprobó, dado su buen estado, que con unas pequeñas reparaciones podía conducir agua nuevamente.

A continuación se ha reconstruido hipotéticamente el conjunto de cinco canalillos que conducían el agua a las ruedas hidráulicas de los ingenios de laminar, tal como se ha considerado que fue ejecutado por los técnicos enviados desde el Tirol entre 1583 y 1585. La reconstrucción se ha efectuado con madera, el material original, y con dimensiones y formas deducidas de numerosos documentos y restos arqueológicos. La posición en planta del conjunto ha quedado determinada por el muro lateral sobre el que se apoyaba, que fue identificado en los trabajos arqueológicos. La posición de los agujeros por los que entraban al interior del edificio los ejes de las ruedas hidráulicas ha permitido conocer la posición de estas y por lo tanto la longitud de su canal y la situación de los saetines. La cota de su solera es similar a la del canal de granito.

Se ha reconstruido asimismo el taller de herrería como se deduce debió ser entre 1585 y 1771, tras investigar y estudiar sus características a partir de documentos, del plano de la Casa de Moneda de Cuenca y de modelos históricos. Con objeto de que los tres ingenios de este taller, martinete, fuelle y torno, fueran movidos realmente por su correspondiente rueda hidráulica y siguiendo los criterios adoptados, se han reconstruido sus tres ruedas hidráulicas que se han adosado al muro exterior o norte del canal de granito construido en 1771.

Este canal suministra agua a estas ruedas a través de unos saetines de madera, reconstrucción hipotética de los que existieron en el siglo XVI, pero situados en la cara contraria del canal (siendo conscientes de que el citado canal de Sabatini nunca había dispuesto de ruedas en su costado, aunque sí las había tenido el de madera al que sustituyó, que estuvieron en su cara sur).

Ello ha posibilitado recrear los ingenios de la herrería como parte fundamental de la fábrica del XVI, con la posibilidad de mostrar al público la función del agua moviendo las ruedas y estas a su vez las máquinas, con su importante valor expositivo y didáctico.

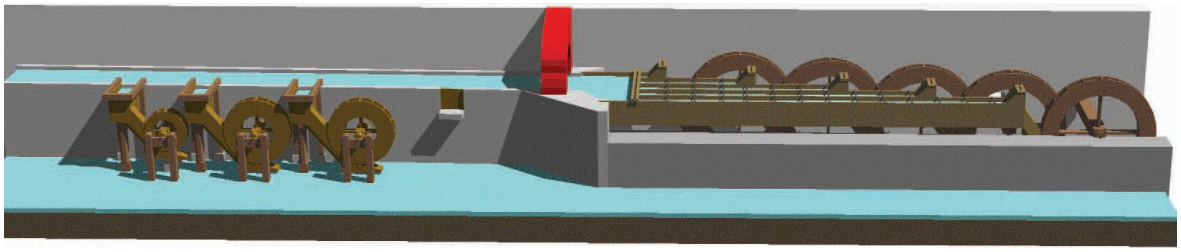


FIG. 11 El sistema de canales después de la rehabilitación. Al canal de granito del siglo XVIII (a la izquierda), se le han adosado las tres ruedas que mueven realmente el taller de herrería del siglo XVI, situado tras el muro, y que giran utilizando agua procedente de este canal. Se ha reconstruido el conjunto de canalillos de madera, también del XVI y en uso hasta el XIX, que daban agua a las cinco ruedas hidráulicas que movían los tres ingenios de laminar y los dos de acuñar.

En el sistema hidráulico de la Casa de Moneda de Segovia, que se muestra actualmente, se pueden apreciar las distintas fases tecnológicas de su larga historia fabril, con ejemplos del Renacimiento, de la Ilustración y de la Revolución Industrial. [FIG. 11]

Del Renacimiento y su sistema de acuñación a rodillo es el tramo final del canal, la *caída de las ruedas,* el canal de madera, tal como posiblemente fue construido en el siglo XVI, compuesto de cinco canalillos que moverán las cinco ruedas hidráulicas que movieron los tres ingenios de laminar y los dos de acuñar, así como el taller de herrería movido realmente por la fuerza del agua.

De la Ilustración y la acuñación a volante tenemos el canal de piedra de Sabatini del siglo XVIII, que ha aparecido en todo su valor tras las excavaciones arqueológicas.

Y de la tecnología de la Revolución Industrial deja constancia la última de turbina en funcionamiento, sucesora de la primera que movió las prensas monederas hasta 1868 y de las que posteriormente sirvieron como fuerza motriz en las fábricas de harinas hasta 1967, gracias al agua conducida por el citado canal de piedra.

Las ruedas hidráulicas

Las ruedas hidráulicas impulsadas por las aguas del río Eresma han sido los motores que han movido el Ingenio de Segovia desde su construcción hasta 1866. Llegaron a estar instaladas simultáneamente hasta un máximo de quince ruedas: tres moviendo los ingenios de la herrería, cinco los ingenios de laminar, dos los de acuñar, y otras cinco en el Ingenio Chico, cuatro impulsando los ingenios de laminar y acuñar oro y plata y otra accionando un torno.

Diversos documentos han aportado información sobre sus características y algunas dimensiones de estas ruedas. De ellos y de los restos arqueológicos de los canales y del edificio, se ha podido deducir que estaban en posición vertical (eje horizontal) y disponían de palas rectas en todo su perímetro. El plano de la Casa de Moneda de Cuenca de 1664 en el que aparecen dibujadas sus ruedas ha confirmado este aspecto e informado de que las palas estaban cerradas por dos coronas laterales o *gualderas*.

La reconstrucción de las ruedas instaladas y actualmente en funcionamiento se ha realizado siguiendo fielmente todas estas informaciones disponibles y de acuerdo con la tecnología de la época. [FIG. 12]

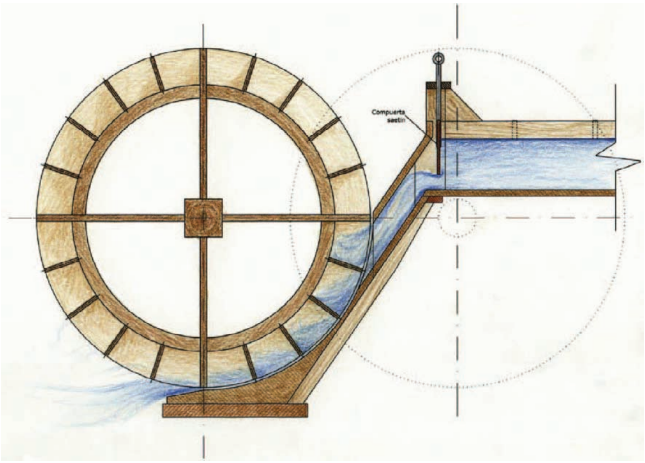


FIG. 12 Sección esquemática de una rueda de 3,75 metros de diámetro de los ingenios de laminar y acuñar, con su canal elevado y el conducto inclinado, o *saetín*, que dirige el agua a las palas.

El agua procedente del canal elevado llega a las ruedas por un *saetín* o conducto inclinado que la dirige contra las palas, choca contra ellas y las hace girar. El choque se produce en la mitad inferior de la rueda. Tras pasar por la rueda el agua cae al canal inferior o socaz que actúa como desagüe y la devuelve al río. Este tipo de ruedas se corresponde con las utilizadas en el siglo XVI y anteriores, que se siguieron construyendo hasta finales del siglo XVIII. El aprovechamiento que hacían de la energía del agua era muy bajo y no sobrepasaba del orden del 35%.

No todas ellas tenían las mismas dimensiones. Las ruedas que movían los ingenios de laminar y acuñar tenían un diámetro exterior de 3,75 metros (13 ½ pies castellanos),

FIG. 13 Las tres ruedas del taller de herrería con sus saetines. El conjunto de palancas articuladas de la parte superior son los dispositivos que permiten subir o bajar desde el interior de la fábrica cada una de las compuertas.

su anchura interior era de 27,8 centímetros (1 pie castellano) y contaban con 20 palas. Los diámetros de las ruedas que movían el taller de herrería se han podido deducir aproximadamente por la separación entre ellas que nos han proporcionan los huecos en el muro por donde entraban sus ejes. A la rueda del fuelle se le ha dado un diámetro de 1,10 metros (4 pies), a la del martinete de 2,08 metros (7 ½ pies) y a la del torno de 2,22 metros (8 pies castellanos). Según un documento del siglo XVIII una rueda de torno tenía 16 palas y un ancho de 1 pie castellano.

Todas las ruedas estaban construidas con madera en lo que se domina carpintería de lo prieto, con las uniones y ensambles fijados por medio de cuñas también de madera y refuerzos y clavos de hierro. Estaban montadas sobre unos ejes o árboles asimismo de madera y se ha sabido por una reparación que se trataba de madera álamo negro. Como ya hemos señalado, estos ejes se introducían en el interior de los edificios por unos huecos realizados en el muro, quedando las ruedas en el exterior. Las cruces eran los radios de las ruedas y se fijaban al eje atravesándolo perpendicularmente una con otra. Sobre las cruces se montaban cuatro piezas curvas en forma de arco, los llamados *camones*, que unidos formaban un círculo completo. [FIG. 13]

Estas piezas armadas de la forma descrita constituyen la estructura de la rueda y sobre ella se montan las palas rectas en posición radial fijadas por medio de clavos y cuñas. Apoyándose en las palas se colocaban dos coronas circulares o *gualderas*, una a cada lado, que encerraban a todas las palas. Su función era evitar que el agua escapase por los laterales durante y después del choque. [FIG. 14]

Este sistema constructivo permitía a los carpinteros montar la rueda sobre el árbol en su ubicación y repararla con relativa facilidad, aunque la dificultad se incrementaba por lo reducido del espacio de trabajo y lo penoso de trabajar en la zona del canal.

En el inicio del saetín existe una compuerta de guillotina que permite regular el paso de agua a la rueda. Para la puesta en marcha de la rueda, los trabajadores, desde dentro de la sala de ingenios, tiraban de una pértiga que por medio de unas palancas articuladas hacía subir la compuerta y daba paso al agua. Regulando el caudal se conseguía la velocidad adecuada de la rueda y su ingenio.

Para cada una de las piezas de las ruedas hidráulicas los carpinteros seleccionaban diferentes clases de madera según sus características, aunque siempre limitados por

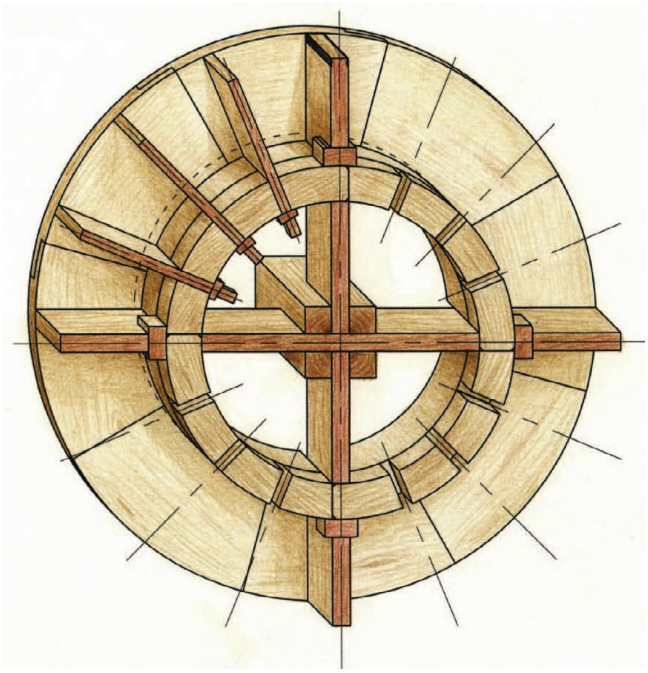


FIG. 14 Sección de una de las ruedas reconstruida y las piezas que la componen.

FIG. 15 Funcionamiento de la rueda que mueve el torno. El agua tras impulsar las palas cae al canal inferior por donde retorna al río. El canal elevado, de granito, dispone de un desagüe aliviadero para dar salida al agua excedente.

las especies próximas. En el siglo XVIII se utilizaron pino de Valsaín, pino albar y álamo negro u olmo.

Las ruedas en su funcionamiento sufrían frecuentes averías y desperfectos; los cambios bruscos en las condiciones ambientales, la humedad, la sequedad, el sol y el frío, originaban importantes desajustes y una gran deterioro, sobre todo su pudrición, por lo que continuamente debían ser reparadas y repuestas las piezas que se estropeaban.

En caso de avenidas en el río, el agua entraba en el canal de desagüe desde el punto de confluencia haciendo subir el nivel en el socaz interior de la fábrica y sumergiendo parcial o totalmente las palas. En estas situaciones las ruedas aún podían seguir funcionando siempre que el nivel del agua no las afectara en más de 30 ó 40 centímetros.

La investigación y la construcción de las tres ruedas hidráulicas del taller de herrería ha sido financiada por la Fundación Juanelo Turriano, cuyo fin es la promoción y coordinación del estudio histórico de la Técnica y de la Ciencia. [FIG. 15]

NOTA

* En la elaboración del Proyecto Director de la Casa de la Moneda de Segovia, JOSÉ MARÍA IZAGA y JORGE SOLER se encargaron del estudio sobre los canales, ingenios y ruedas hidráulicas. Para este estudio se utilizaron las fuentes documentales aportadas por Glenn Murray, los restos visibles de la fábrica y los tratados sobre la tecnología de la época. Posteriormente formaron parte del equipo de asesores que dirigió Alonso Zamora en la rehabilitación de la ceca segoviana. En este periodo, según iban apareciendo los restos arqueológicos en la intervención, fueron actualizando el estudio anterior y colaboraron en el diseño de los canales. También diseñaron las ruedas hidráulicas y las máquinas de la herrería y participaron, con Miguel Ángel Moreno, en su construcción. En la actualidad están llevando a cabo la construcción de un ingenio de laminar patrocinado por la Fundación Juanelo Turriano.

BIBLIOGRAFÍA

Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo, siglo XVI. Biblioteca Nacional de España, Mss 3372-3376.

J. A. FUENTES LÓPEZ: *Molinos de sangre*. Potosí, Casa Real de Moneda Circular, Sociedad Geográfica y de Historia «Potosí», 1998.

I. GONZÁLEZ TASCÓN: *Fábricas Hidráulicas Españolas*. Madrid, Ministerio de Obras Públicas, 1992.

I. GONZÁLEZ TASCÓN (Comisario): *Felipe II. Los ingenios y las máquinas*. Madrid, Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, 1998.

J. M. LEGAZPI: *Ingenios de madera*, Oviedo, Caja de Ahorros de Asturias y Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 1991.

G. S. MURRAY, J. M. IZAGA, J. M. SOLER: *El Real Ingenio de la Moneda de Segovia. Maravilla tecnológica del siglo XVI*, Madrid, Fundación Juanelo Turriano, 2006.

P. B. VILLARREAL DE BERRIZ: *Máquinas hidráulicas de molinos y ferrerías y gobierno de los árboles y montes de Vizcaya*. Edición facsímil de la de 1736. San Sebastián, Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones de la Real Sociedad Vascongada de los Amigos del País y Caja de Ahorros Municipal de San Sebastián, 1973.

VV.AA.: *Casas de Moneda. Segovia y Hall en Tirol*. Colección Piedras de Segovia. Segovia, Ayuntamiento de Segovia e Instituto Histórico Austriaco, 2007.

— *Real Casa de Moneda de Segovia. Un paseo por la historia del Real Ingenio*. Segovia, Empresa Municipal de Turismo, 2012.

Volver al índice

6
Juan Bautista Antonelli: Ingeniero militar y alojador de ejército

JOSÉ IGNACIO DE LA TORRE ECHÁVARRI
Jefe del Departamento de Arqueología y Patrimonio del Museo del Ejército

Juan Bautista es hombre preeminente,
De quien admira ver la traza extraña
Que en el Orbe otra tal jamás se ha oído

MARTÍN ALONSO ARIAS
Regidor perpetuo de la villa de Alcántara

INTRODUCCIÓN

Giovan Battista Antonelli, o Juan Bautista, como firmará sus informes y memoriales a partir de los años sesenta del siglo XVI, es una de las figuras insignes de la ingeniería militar renacentista, aunque, como muchos otros, sus aportaciones a la defensa de la monarquía Hispánica resulten desconocidas para el gran público.

Antonelli se definirá al final de sus días como «engeniero militar» y «aloxador de ejercito», que no cabe duda que fueron los pilares sobre los que basó la mayor parte de su vida profesional[1]. No obstante, como veremos a continuación con más detenimiento, a lo largo de su dilatada trayectoria pudo realizar muchas otras actividades, algunas relacionadas con el oficio de las armas, como las de tratadista militar, artillero, informador o estratega; y otras que le llevaron a ejercer como arquitecto, geógrafo e ingeniero hidráulico, gracias a lo cual pudo desarrollar con maestría otras habilidades diferentes a las castrenses. El estudio de todos los aspectos que integran su prolija y polifacética trayectoria, siempre al servicio de la Corona española, y la lectura tanto de sus numerosos informes como de su producción teórica, permiten acercarnos a la obra y personalidad de este ingeniero italiano, que contó con el apoyo de personajes ilustres de la Corte es-

pañola como, entre otros, el duque de Alba o Juan Manrique de Lara, e, incluso, con el reconocimiento del propio Felipe II. Estas relaciones, junto con su buen hacer, le permitieron alcanzar una posición relevante, convirtiéndose en el valedor, protector y máximo exponente de una gran dinastía de ingenieros a los que consiguió reunir en torno a Felipe II, siendo, además, el modelo al que intentarán igualar todos sus parientes.

SUS PRIMEROS AÑOS EN ITALIA

Tanto en la introducción al testamento de Antonelli, otorgado en Madrid el 3 de octubre de 1587, como en su codicilo, redactado en Toledo el 18 de marzo de 1588, Juan Bautista dice ser hijo legítimo de Gerolamo Antonelli y de Lucrezia Saure, ambos naturales de la pequeña localidad italiana de Gatteo, perteneciente al obispado de Rimini, en la Romagna italiana[2]. Sin embargo, no está tan clara la fecha de su nacimiento, ya que los historiadores la han hecho bascular entre 1527 y, más probablemente, 1531, como puede apreciarse al analizar los últimos estudios realizados sobre nuestro biografiado[3]. [FIG. 1]

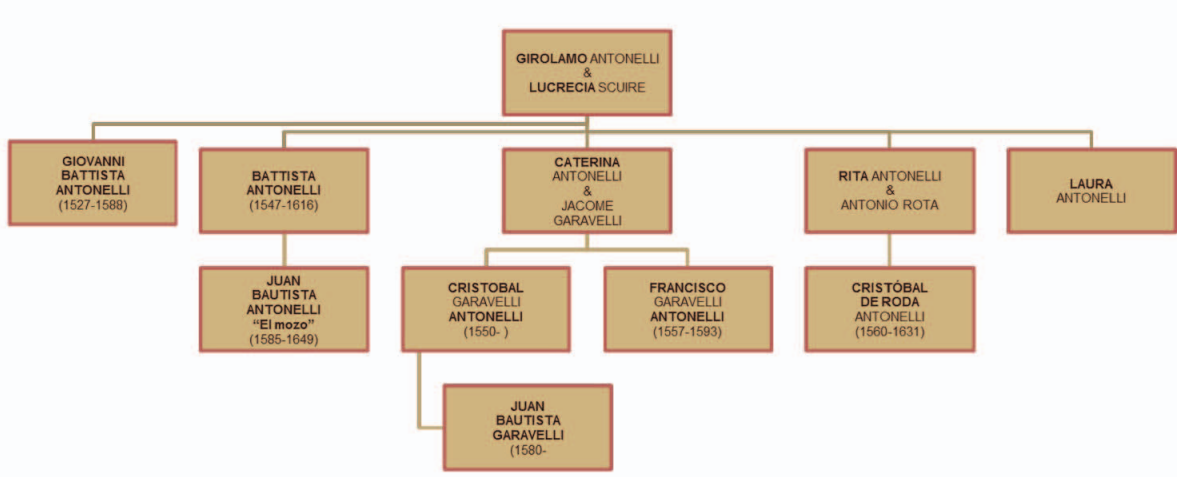


FIG. 1 Árbol genealógico de la familia Antonelli.

Otro tanto ocurre con sus años de vida en Italia, siendo escasas las noticias relativas a su formación y a sus actividades anteriores a su vinculación profesional con la Corona española. Los pocos datos existentes de esta etapa proceden de una recopilación documental realizada sobre Gatteo, en la que se señala que su padre, Gerolamo, debió ejercer como maestro de obras, contando con un taller en un lugar adyacente a las murallas del castillo malatestiano de la villa[4]. [FIG. 2]

FIG. 2 Castillo malatestiano de la villa de Gatteo.

Por esta época, el propietario del castillo de Gatteo era Gianfrancesco dei conti Guidi da Bagno, marqués de Montebello y señor de Gatteo por concesión pontificia entre 1549 y 1559[5]. Esta circunstancia debió de propiciar el hecho de que Antonelli entrase al servicio del conde Guidi da Bagno, desempeñando el cargo de «secretario y canciller de la compañía de lanzas y de arcabuceros a caballo, con quienes fue el susodicho señor Conde a servir al duque Cosme de Medici en aquella guerra [refiriéndose a la de Siena]»[6].

SU INCORPORACIÓN AL EJÉRCITO ESPAÑOL

Italia central se había convertido en el principal campo de batalla entre las tropas francesas de Enrique II y los ejércitos imperiales de Carlos V que pugnaban por la hegemonía europea. Uno de los episodios culminantes de estos enfrentamientos tuvo lugar en Siena, motivado por la expulsión en 1552 de la guarnición española que la controlaba, siendo entregada la ciudad a las tropas francesas, aliadas de Pietro Strozzi[7]. En 1553 una expedición militar enviada por el virrey de Nápoles, Pedro Álvarez de Toledo, falló en su intento por recuperarla; por lo que en 1554 Cosme de Medici, aliado del emperador Carlos V, obtuvo autorización para enfrentarse a Siena con su propio ejército, del que formó parte la compañía de arcabuceros de Guidi di Bagno, así como otros condotieros italianos partidarios de Cosme.

Será el propio Juan Bautista Antonelli quien, en varias ocasiones a lo largo de su vida, indicará la fecha en la que dio comienzo su relación con la Corona española. En 1575 declara servir a Felipe II «cerca de veynt y quattro años», aunque también precisa que «veynte dellos ha que de presençia y habla lo conoce VM y le manda». Estos mismos datos los confirma en su testamento: «Yten digo que yo [h]e servido y sirvo su Magd el rey don Felipe nuestro señor treynta y seis años en Ytalia, Flandes y en España y en Berbería de ynginiero militar y de aloxar exército y le boy sirviendo»[8]. Por tanto, Antonelli entró en contacto con los ejércitos imperiales de Carlos V en el año 1551, mientras estaba bajo las órdenes de Guidi di Bagno al servicio de Cosme de Medici. Y, según él mismo señala, fue en 1555 cuando conoció al príncipe Felipe durante su estancia en Italia, con motivo de estas guerras.

Siena se convirtió en un excelente campo de experimentación, en donde se aplicaron las nuevas técnicas de fortificación y donde se dieron cita algunos de los mejores arquitectos militares de la época, como el sienés Pietro Cataneo o Giovan Battista Zanchi, de Pesaro[9]. Ambos publicaron en 1554 sendos tratados militares: *I quattro primi libri di architettura* y *Del modo di fortificar le città*, respectivamente. No sabemos si Antonelli llegó a tener contacto con alguno de ellos, dado que, por entonces, su relación con el oficio de las armas era otra bien distinta, ni siquiera ya mostraba interés por las fortificaciones, aunque lo que es indudable es que las obras de estos dos ingenieros influyeron en su posterior producción teórica, tal y como evidencia la lectura de las mismas. [FIG. 3]

El único dato relativo a su intervención en esta guerra señala cómo, en este mismo año de 1554, «Gio. Battista Antonelli» participó en el «saqueo de Siena», sacando del templo de Santa Abonda las reliquias del beato Colombini, que envió a su iglesia parroquial de San Lorenzo di Gatteo[10].

FIG. 3 Representación del asedio de Siena, 1554-1555.

Aparte de estas escasas noticias, poco más es lo que conocemos de su etapa de formación, en lo que parece que fue la experiencia adquirida en los diferentes campos de batalla por los que fue pasando la que marcó tanto sus conocimientos como su concepción de la profesión de ingeniero militar, que desarrollará a partir de 1562. Esta circunstancia, como señala Mario Sartor, parece descartar la posibilidad de que se formara en el círculo de Pesaro con Girolamo Genga, como habían apuntado otros autores y como sí hicieran Filippo Terzi y Francesco Paciotto, ambos ingenieros militares que también trabajaron para la Corona española[11].

LOS TERCIOS DE FLANDES

A la conclusión de la guerra de Siena, Antonelli se incorporó al ejército español, desvinculándose del conde Guidi di Bagno, que cayó en desgracia tras responsabilizársele del asalto y robo que en 1554 sufrieron los emisarios del rey de Francia en el territorio de Gatteo. Este incidente llevó a que fuesen requisados sus bienes y a que fuese perseguido por el Papa Paulo IV Carafa, teniendo que buscar refugio en España.

Por su parte, Antonelli tomó el camino del norte, integrándose en el ejército imperial que Emanuele Filiberto, duque de Saboya y capitán general de Su Majestad, dirigió contra las tropas de Enrique II en las operaciones militares desplegadas en los Países Bajos y en la Picardía francesa[12]. El papel jugado por Antonelli en estas campañas viene

FIG. 4 ANTON VAN DEN WYNGAERDE, *Campamento de las tropas de Felipe II entre Amiens y Dourlens,* 1557. Stedelijke Prentenkabinet, Amberes.

confirmado por él mismo en los *Epitomi* que redactó en Toledo entre 1560 y 1561, y a los que nos referiremos a continuación. En ellos nos indica, hasta en tres ocasiones diferentes, que actuó como ayudante del maestre de campo Jean de Ligne, conde d'Aremberg, a quien asistió en las labores de «alojar el campamento mientras duró aquella guerra». De estas campañas Antonelli tan sólo menciona su participación en la «*giornatta di Dorlano*»[13], así como en la batalla de San Quintín (10 de agosto de 1557), cuando empezó a servir a Juan Manrique de Lara, por entonces capitán general de Artillería de Felipe II[14].

La identificación de la plaza fuerte de Dorlan ha sido problemática, siendo ubicada en Orleans o bien en Arlon (Luxemburgo), aunque hay que señalar que se trata, con toda seguridad, de la población de la Picardía francesa de Dourlens o Doullens –según la grafía moderna–[15]. Apoya esta identificación la ruta llevada a cabo por el ejército español durante estas campañas militares y el hecho de que el campamento de Dourlens fuese dibujado en 1557 por Anton van den Wyngaerde, siendo posteriormente inmortalizado en los frescos de la Galería de Paseo del Palacio de San Lorenzo de El Escorial, donde Lazzaro Tavoroni y Fabrizio Catello representaron los hechos de armas más destacados del ejército de Emanuele Filiberto. En ellos se recogen algunos detalles de los campamentos levantados en Dourlens y San Quintín, así como las acciones protagonizadas por las tropas españolas de Ham, Châtelet y Gravelinas, en las que también debió participar Antonelli, al formar parte de la misma campaña que concluyó con la paz de Château-Cambrésis (1559).

Por tanto, los campamentos militares representados por Wyngaerde [FIGS. 4 y 5], Tavoroni y Catello serían los que Juan Bautista Antonelli organizó para alojar a las tropas es-

FIG. 5 ANTON VAN DEN WYNGAERDE, *Batalla de San Quintín*, 1557. Bibliothèque Nationale, París, Colección Hennin, nº 358.

pañolas, cumpliendo con las funciones propias del cargo de ayudante de maestre de campo que desempeñaba y que poco después desarrollará en su *Epitomi dela manera de alloggiare un campo*[16]. Entre sus funciones estaban las de diseñar y supervisar los diferentes aspectos defensivos y técnicos que debían tenerse en cuenta a la hora de establecer un campamento: la elección del sitio, la delimitación del espacio destinado al ejército, el reparto de cada regimiento, el alojamiento de los jefes militares; además de la supervisión de la construcción de los diferentes elementos defensivos, baluartes y fosos, la disposición de las bocas de fuego, de la casa para municiones y de los barracones para las provisiones dentro del campamento.

TOLEDO Y LA PRODUCCIÓN TEÓRICA ANTONELLIANA

Tras la paz de Câteau-Cambrésis, que tuvo lugar el 2 de abril de 1559 y que ponía fin a las contiendas entre España, Francia e Inglaterra, la mayor parte del ejército del duque de Saboya fue repatriado a la Península y con él, Antonelli. En Madrid volvió a reencontrarse con Guigi di Bagno, quien, como ya hemos señalado, huyendo del Papa Paulo IV Carafa había buscado refugio en España, donde fallecería diez años después «asistido por G. Battista Antonelli, de Gatteo, ingeniero militar de Felipe II»[17].

FIG. 6 FRANZ HOGENBERG, Grabado de la ciudad de Toledo, 1572, en *Civitates Orbis Terrarum*, editado por GEORG BRAUN.

En otoño de 1559 Antonelli llegó a Toledo [FIG. 6], ciudad a la que Felipe II había decidido trasladar la Corte ese mismo año. Durante algunos meses disfrutó de la «*otiosa pace*»[18], como él mismo define este periodo toledano, antes de comenzar la redacción del primero de los tres tratados militares conservados: el *Epitomi dela manera de alloggiare un campo*, cuya redacción inició el 24 de abril de 1560[19] [FIG. 7]. Su experiencia como «alojador del ejército» de Emanuele Filiberto, y especialmente su actuación en la empresa de Dorlano, le sirvió para la redacción de esta obra, que dedicó a Juan Manrique de Lara para compensarle, según Antonelli, por la pérdida de otro tratado. Y es que no fue esta la primera ocasión en que el ingeniero de Gatteo cogió la pluma para plasmar sus conocimientos, ya que, como él mismo señala, ya había escrito otro con anterioridad, hoy perdido, que regaló a Manrique de Lara y que le fue sustraído de su tienda antes de la batalla de San Quintín[20].

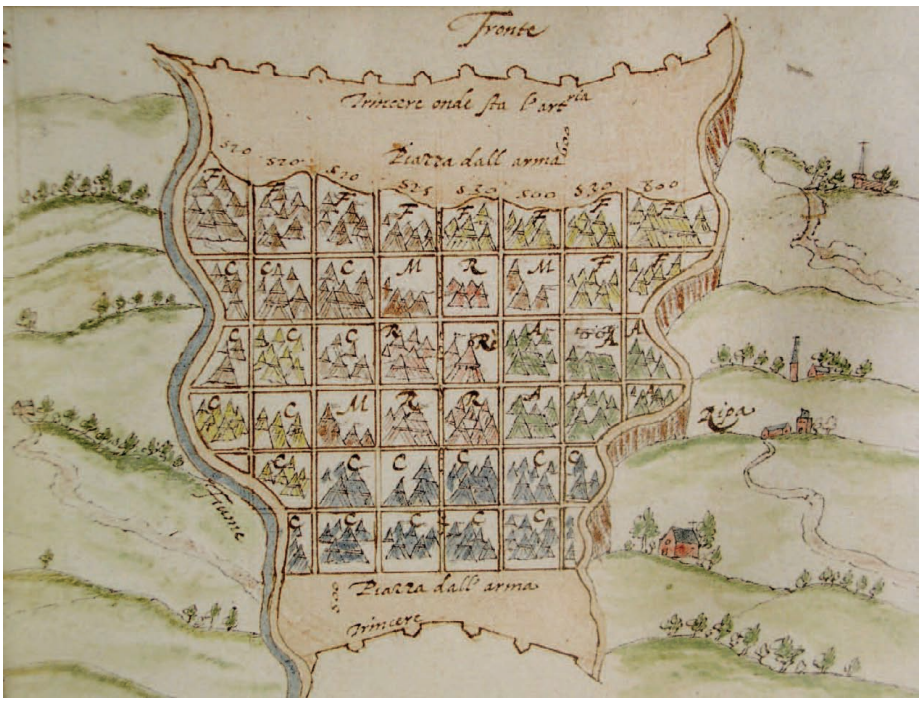


FIG. 7 GIOVAN BATTISTA ANTONELLI, *Epitomi dela manera de alloggiare un campo*, fol. 134r. Museo del Ejército, ME (CE) 44.100.

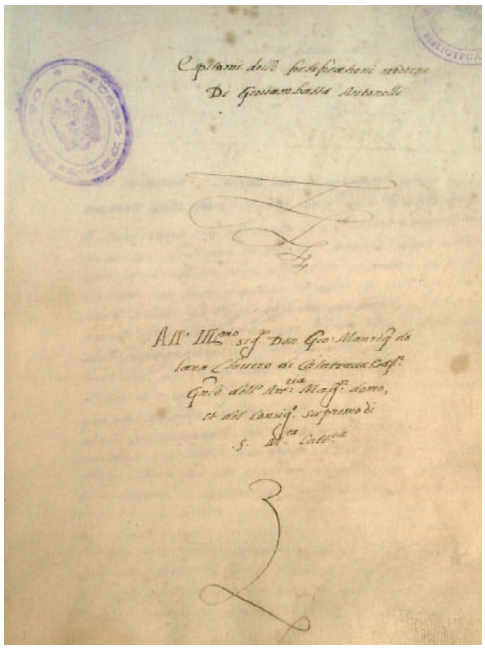


FIG. 8 GIOVAN BATTISTA ANTONELLI, *Epitomi delle fortificationi moderne,* fol. 1r. Museo del Ejército, ME (CE) 44.100.

Tras este compendio de castrametación, Antonelli escribió el *Epitomi delle fortificationi moderne* y, por último, el *Epitomi del Trattato dell'Artilleria*, cuya redacción inició en marzo de 1561[21] [FIGS. 8 y 9]. La finalidad de estas tres obras no fue otra que la de recopilar los conocimientos que se tenía en la época en materia de fortificación, artillería y castrametación, seguramente con la intención de demostrar su habilidad y capacitación en el oficio de las armas. Sin embargo, los *Epitomi* no guardaban información de gran relevancia que pudiese ser considerada secreto de estado, tratándose más bien de manuales que recogían nociones muy generales, eso sí, acompañadas por interesantes dibujos que destacan por su riqueza y simplicidad didáctica.

En ellos Antonelli ya teorizaba sobre cuestiones que posteriormente pudo llevar a la práctica al emprender sus planes de fortificación, a tenor de las actuaciones que impulsó y las propuestas realizadas en los diversos *Memoriales* presentados a Felipe II. De hecho, en el *Epitomi delle fortificationi moderne* ya describía la mala situación en que se encontraban las fortificaciones in «*tutta spagna*» por ser de «*antiquissime Tappie*», y hablaba de la necesidad de su mejora inmediata, unos años antes de acometer la modernización de las defensas de España[22]. Además, también mencionaba la necesidad de fortificar las fronteras del reino, aprovechando las condiciones orográficas para incrementar la capacidad defensiva de los enclaves, algo que posteriormente tendrá muy en cuenta cuando comience a ejecutar sus trabajos como ingeniero militar, al mismo tiempo que proponía la construcción de pequeñas torres, comunicadas visualmente entre sí, como mejor manera de salvaguardar las fronteras peninsulares, idea que posteriormente llevará a la práctica en las costas catalanas y en las de los reinos de Valencia y Murcia[23].

Sin entrar a profundizar en el análisis de su producción teórica, sí que es necesario recalcar el hecho de que en los *Epitomi* de Antonelli se aprecia con claridad las influencias de otros tratadistas contemporáneos, como los ya mencionados Pietro Cataneo y G.B. Zanchi, así como de los trabajos de Giacomo Lanteri[24], Giacomo Leonardo[25], o la obra de Giambattista Belluzzi (1545), el primer tratado dedicado a las fortificaciones de tierra y cuyas copias, pese a tratarse de una obra manuscrita, tuvieron bastante difusión por Europa. Si bien no encontramos ninguna referencia explícita a ninguno de estos autores en los manuscritos de Antonelli, su conocimiento e influencia en la obra del ingeniero de Gatteo resulta más que evidente, cuando no copia literalmente algunos párrafos de sus tratados. Otro tanto ocurre con las obras de autores clásicos, refiriéndose en repetidas ocasiones a «los antiguos» en su epítome de castrametación, apreciándose que era un buen lector y conocedor de las ideas de Vitruvio, Polibio o Vegecio, aunque tampoco los cite en ninguna ocasión.

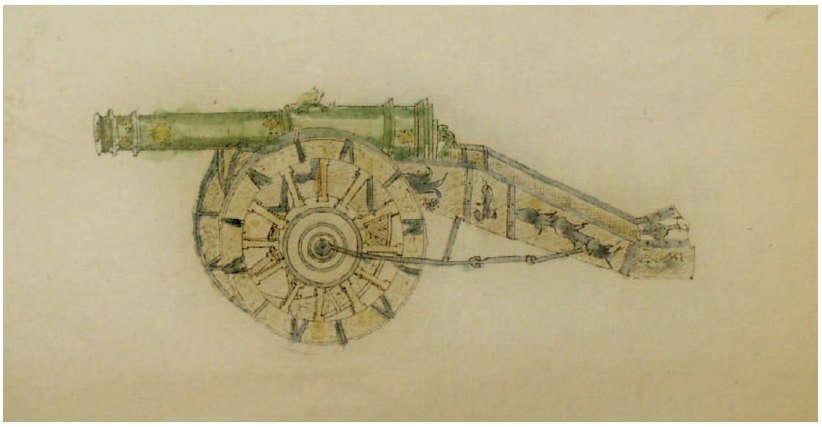


FIG. 9 GIOVAN BATTISTA ANTONELLI, *Epitomi del Trattato dell'Artilleria*, fol. 79r. Museo del Ejército, ME (CE) 44.100.

Al mismo tiempo, estos *Epitomi* parecen ser la carta de presentación de Antonelli ante Felipe II y Juan Manrique de Lara, para quienes, no cabe duda, Juan Bautista deseaba trabajar una vez instalado en España. Por eso les dedicó las tres obras, recordándoles las campañas bélicas más importantes en las que había participado estando a su servicio, para de este modo hacer ver que contaba con la práctica necesaria en la milicia. Y por este mismo motivo empleó el recurso literario de introducir en el epítome dedicado a la artillería varios sonetos que el capitán Alessandro Spinola o Jacopo Celoni da Cervia dedicaron a su persona, alabando y ensalzando sus conocimientos y trabajos. Sirvan como ejemplo los siguientes versos en los que aparece retratado como «Vos, de la Artillería docto servidor / Sabio Antonelli el Marcial furor»[26]; o «Gloria inmortal, débase a vos / Sabio Antonelli, que al Rey mostrase / del fulminante terrestre el uso en breve»[27].

No se trata de una fórmula novedosa, ya que muchos otros autores renacentistas la aplicaron, lo que sorprende en Antonelli es el hecho de que sea presentado como artillero, faceta de la que no existen evidencias documentales, ni tampoco mención alguna en sus escritos posteriores. Bien es verdad que la artillería estaba íntimamente relacionada con la fortificación y que Juan Bautista pudo adquirir sólidos conocimientos viendo al ejército marchar con ella o a la hora de emplearla para alojar los campamentos en Flandes y Picardía. Estas dos cuestiones serán ampliamente tratadas por Antonelli en sus epítomes.

No fueron estos tres compendios su única producción teórica, ya que Antonelli habla en ellos de otros tres tratados que bien tiene ya empezados o bien intención de escribir: un «tratado de las expugnaciones de las Ciudades y fortalezas, otro de sus defensas y fortificaciones, y otro de todas las ordenanzas y escuadrones»[28]. Más detalles proporciona en el *Epitomi delle fortificationi moderne*, donde confirma que el «tratado de las expugnaciones» lo había comenzado unos meses antes, y que la obra sobre fortificaciones tiene que dejarla de lado para redactar «este sumario de las fortificaciones sólo»[29]. Por tanto, si a los tres *Epitomi* del Museo del Ejército añadimos los otros trabajos mencionados por Antonelli, también redactados en Toledo, así como el que le fue sustraído a Manrique de Lara en San Quintín, tendríamos un total de siete tratados. Una prolija producción teórica anterior a sus primeras actuaciones como ingeniero.

Los tres *Epitomi* conservados ingresaron en el Museo del Ejército de manera conjunta, teniendo constancia de su existencia desde 1957[30]. Encuadernados en un único volumen, sobre las cubiertas de pergamino solo quedan vestigios de cuatro flores de lis

en las esquinas, aunque en 1957 el bibliotecario del Museo del Ejército, Fernando Ruano, describía la presencia de cuatro líneas doradas que las recuadraban y un escudo nobiliario en el centro que le recordaba «al adoptado por Angelucci y Gelli al transcribir la discutida marca de Cristóbal Frieslera»[31].

INGENIERO DE FELIPE II

Su proximidad a la Corte toledana y la amistad de militares ilustres, como Juan Manrique de Lara, propiciaron su afianzamiento profesional y su rápida ascensión en su carrera al servicio de la Corona. De hecho, al poco tiempo de concluir en Toledo la redacción del último de estos tres *Epitomi*, fechado en marzo de 1561, Antonelli recibió el encargo de incorporarse al servicio de Felipe II, teniendo que dejar de lado la redacción del resto de tratados que tenía comenzados.

Los frecuentes ataques de los corsarios berberiscos a las poblaciones costeras, así como la nueva amenaza que suponía el empleo de la pólvora, conllevaron la necesidad de acometer una intervención global sobre la costa de Levante con la intención de renovar las viejas estructuras defensivas existentes. De este modo, el 2 de octubre de 1561 Antonelli fue enviado al Reino de Valencia para iniciar el reconocimiento de sus defensas e informar sobre las intervenciones que considerase necesarias acometer con urgencia[32]. En este documento se le define ya como «ingeniero», iniciando una larga carrera que le llevará a afrontar, durante más de un cuarto de siglo, los grandes desafíos que le encomendó la Corona y que abarcaron desde la planificación integral de la defensa del territorio peninsular, hasta la elaboración de un plan para la mejora de sus comunicaciones, pasando por intervenciones en algunas de las plazas de mayor relevancia estratégica, como Alicante, Cartagena, Cádiz, Orán o Mazalquivir. Por no hablar de su participación en proyectos de gran importancia para el afianzamiento del Imperio español como el diseño de los fuertes del estrecho de Magallanes o los preparativos para la anexión de Portugal a la Corona española.

Sus primeras actuaciones como ingeniero estuvieron orientadas a recorrer la costa mediterránea, remitiendo informes a Felipe II y a su Consejo de Guerra. Entre agosto y octubre de 1562 Antonelli remitió cuatro informes al monarca, en los que detallaba los criterios generales para la defensa de una plaza en función de su ubicación, sus defensas naturales y los recursos naturales y humanos que se podían emplear para la realización de las obras de fortificación[33]. Como advierte Mario Sartor, parece que en esos primeros informes Juan Bautista estuviera llevando a la práctica, por vez primera, los criterios teóricos formulados anteriormente y verificando la validez de los mismos[34].

De una carta que Felipe II envía a Alicante en 1562, podemos observar el elevado concepto que ya había adquirido el monarca de él, no sólo porque le considere «nuestro ingeniero», sino porque se le encargarán los trabajos de fortificación de esta plaza, ante «la mucha necesidad que esta ciudad tiene de que la fortificacion della se acabe con toda perfection (...)»[35].

No obstante, Antonelli no actuó solo. Como era costumbre en el proceso fortificador de la Corona española, los ingenieros eran acompañados por un militar que supervisaba

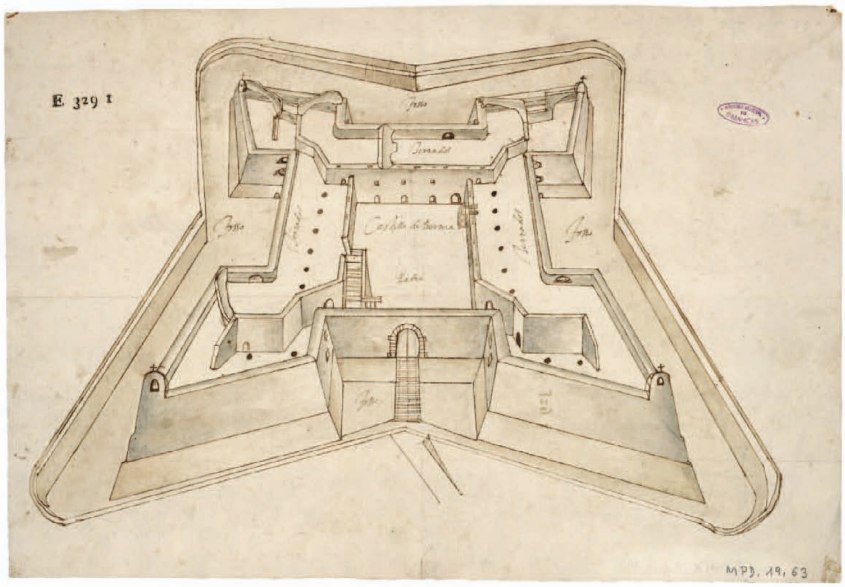


FIG. 10 Fuerte de Bernia (Callosa d'en Sarrià, Alicante), obra de ANTONELLI, 1563. Archivo General de Simancas, Sig: MP y D, 19, 063.

su labor técnica, circunstancia que propició no pocos enfrentamientos entre ambos, al mostrar puntos de vista diferentes sobre las intervenciones propuestas[36]. En el caso de Antonelli fue el «maestre raçional» Vespasiano Gonzaga, posterior virrey de Valencia, quien se encargó de visitar con Juan Bautista todos los lugares necesitados de ser fortificados y de informar al rey y a su Consejo de Guerra al respecto. Ambos comenzaron a actuar de manera conjunta en 1562, realizando informes sobre determinadas plazas de Levante, evaluando los recursos defensivos preexistentes en la región, así como las necesidades para su defensa, dado los cada vez más numerosos asaltos de los corsarios berberiscos y la amenaza de la flota turca[37].

De este modo, Antonelli comenzó a diseñar un plan integral para la defensa de las fronteras españolas en el que recomendaba el número de fortificaciones necesarias, la elección de los lugares idóneos donde deberían emplazarse, la manera de construirlas, etc. En palabras del propio Antonelli, su propuesta pasaba por «cerrar la costa como una muralla, haziendo cuenta que los lugares della sean baluartes, los puertos sean las puertas, y las torres las garitas o atalayas»[38]. Con este plan, Antonelli se mostró como un consumado especialista en el estudio y conocimiento del territorio. Según él, España tenía que fortificarse, ya que era la cabeza de todo el Imperio de Felipe II y la garantía de la defensa de la religión católica, considerando que «el rey católico […] dexava a españa la mar por fosso y por adarves las fronteras que havía ganado en berbería, y los reynos que tenía en italia»[39].

He aquí su gran aportación a la tarea fortificadora peninsular, que tiene que ver más con su planificación global de la defensa del territorio que con una actuación en una plaza concreta. Aun así, también intervino en la fortificación de muchas plazas mediterráneas. Entre sus obras más destacadas se encuentran las fortalezas de la Sierra de Bernia, Oropesa, Guardamar, Xávea, Cullera, Denia, Benidorm, Peñíscola y Alicante, entre otras, o las «torres grandes que se han de hazer en el Reyno de Murcia»[40]. En 1562 dio instrucciones para la construcción del fuerte de Bernia [FIG. 10], una de sus obras más criticadas, llegando incluso a afirmarse que no tenía excesiva habilidad para las grandes for-

tificaciones[41]. Problemas que se vuelven a repetir ese mismo año a la hora de presentar el proyecto sobre las actuaciones a emprender en el castillo de Santa Bárbara en Alicante, con una férrea oposición popular que llevó a que fuese desestimado por las Cortes de Valencia y el propio Felipe II[42].

En 1565 los turcos atacaron Malta y, aunque la victoria cayó del lado cristiano, se demostró que no había un lugar que pudiera considerarse totalmente seguro en el Mediterráneo, viéndose la necesidad de incrementar las intervenciones en las fortificaciones. A Antonelli se le encargó actuar en las plazas norteafricanas de Mazalquivir y, posteriormente, Orán. Ambas de vital importancia estratégica en la lucha contra los turcos. Por esos años comenzaba la rivalidad de Antonelli con otro ingeniero italiano, Giacomo Palearo, conocido como «El Fratín»[43]. En el fondo subyacen maneras diferentes de concebir las fortificaciones que, según Antonelli, debían ser funcionales, de rápida ejecución y con costes razonables, para no perder su función básica.

Su intensa actividad como ingeniero no disminuyó nunca, realizando diversas actuaciones, visitas e inspecciones, y remitiendo informes de cómo defender las fronteras levantinas y pirenaicas. De manera que en 1569 Antonelli se encontraba inmerso en las tareas de reconocimiento de las fronteras de Navarra y Guipúzcoa con Francia y, de nuevo, en las costas del Reino de Valencia. En ese año redactaba una memoria para la defensa de las fronteras navarras, donde advertía de la existencia de tres puntos vulnerables, que recomendaba fortificar para evitar posibles ataques desde el exterior, así como la necesidad de acometer reformas estructurales en las fortificaciones de Pamplona y Fuenterrabía[44]. Y el 6 de diciembre de 1569 informaba de las deficiencias de las torres y las plazas importantes de la costa de Levante, así como la necesidad de realizar intervenciones urgentes.

En 1571 fue propuesto para realizar el diseño de la fortificación de la ciudad de Cartagena, sin duda una de las obras de defensa más importante por él acometidas, debido al interés estratégico que tenía este valioso puerto del Mediterráneo. Además, fijó las trazas de 36 torres artilladas del Reino de Murcia (1578), y se ocupó de otras destacadas fortificaciones como las de las plazas de Orán y Cádiz.

SU FACETA DE ARQUITECTO (1570-1571)

En 1570, cuando se encontraba trabajando en el Reino de Valencia, fue reclamado desde la Corte madrileña para hacerse cargo de las celebraciones de la solemne entrada en Madrid de la reina Ana de Austria (1570), cuarta esposa de Felipe II[45] [FIG. 11].

Los detalles de esta celebración son conocidos gracias al cronista Juan López de Hoyos, quien describe la pompa como «a imitación de la Magestad antigua Romana»[46]. Para tan magna ocasión, Antonelli se encargó de construir en el Prado de San Jerónimo una serie de fortificaciones que imitaban el puerto de Argel y un gran estanque artificial de «500 pies de largo y 80 de ancho», en el que navegaron ocho galeras pequeñas con las que se escenificó un combate naval que emulaba una naumaquia clásica, aunque ahora actualizando la temática, que era la lucha contra los turcos. Además, según Llaguno, Antonelli se encargó de delinear los tres arcos triunfales (en el Prado de San Je-

FIG. 11 Primer arco de la entrada solemne de la reina Ana de Austria en Madrid, 1570.

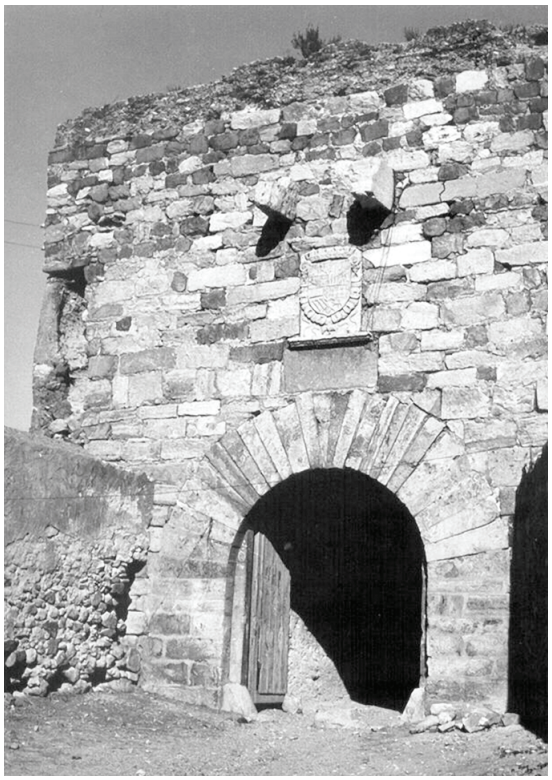


FIG. 12 Puerta de la Villa o de Antonelli, Cartagena.

rónimo, en la Puerta del Sol y en la Calle Mayor), que fueron adornados con estatuas colosales y medallas de Lucas Mithata y Pompeyo Leoni, encargándose la decoración pictórica a Alonso Sánchez Coello y Diego de Urbina[47]. Como señala Mario Sartor, se trató del momento de máxima gloria y notoriedad alcanzado por Antonelli, quedando patente con este nombramiento la estima y reconocimiento de que por entonces gozaba el ingeniero[48].

No fue esta su única aportación en el campo arquitectónico, ya que en 1571, durante su estancia en Cartagena, participó en la construcción de la capilla de los Cuatro Santos dentro de la antigua Catedral, a la par que levantaba las fortificaciones de la ciudad[49]. Y también en Cartagena construyó, en 1576, la Puerta de la Villa, también conocida como Puerta de Antonelli, que, coronada por el escudo de los Austrias, daba acceso al interior del recinto amurallado de la fortaleza. [FIG. 12]

LA JORNADA DE PORTUGAL (1580)

Durante las operaciones militares previas a la incorporación de Portugal a España, a Antonelli se le encargaba la delicada misión de reconocer la frontera con Portugal para informar al rey sobre el estado de sus fortificaciones, puentes, puertos y caminos. No era algo nuevo para Antonelli, que ya había reconocido años atrás las fronteras pirenaica y levantina, pero en esta ocasión su intervención fue más allá de la vigilancia de los puestos

FIG. 13 *El Duque de Alba revistando las tropas en Cantillana* (Badajoz), 13 de junio de 1580. Sala de Batallas de El Escorial.

fronterizos y el reconocimiento de los puntos débiles, aportando datos de gran importancia estratégica y operativa para que la entrada del ejército del duque de Alba en Portugal fuese exitosa[50]. En este sentido, el ingeniero de Gatteo sugirió las posiciones que debían tomar las tropas españolas, cómo debería realizarse la movilización de la artillería, se ocupó del abastecimiento logístico del ejército y describió los detalles operativos[51]. Para estos trabajos contó con la asistencia de sus sobrinos Francisco Garavelli y Cristóbal de Roda, quienes le ayudaron a realizar las plantas de los alojamientos del ejército y reconocer los lugares fronterizos.

En una carta enviada en febrero de 1580, anterior a la ruptura de las relaciones diplomáticas que justificaron la invasión de Portugal, Antonelli aconsejaba agrupar en secreto a las tropas españolas y atacar por sorpresa Setúbal, mientras el resto del ejército entraba por Badajoz[52]. Y en marzo de 1580 informaba sobre el «orden y caminos que han de seguir las tropas que han de formar el ejercito que se han de reunir en Badajoz»[53]. Con todo, Antonelli aspiraba a tener un mayor protagonismo en esta empresa, escribiendo el 20 de abril de 1580: «Si la jornada pasa adelante por la noticia que tengo de la tierra, y de las cosas de la guerra, y en particular de alojar un ejército, entiendo podré servir S.M. con el maestre de campo general, como lo hize en la [jornada] de San Quintin y de Dorlan, que es lo más importante de una empresa»[54].

Por tanto, Antonelli volvió a sus orígenes como alojador de ejército, participando activamente en la planificación del campamento para las tropas del duque de Alba en las proximidades de Badajoz, facilitando su entrada en Portugal por la región del Alentejo, sin encontrar resistencia alguna. [FIG. 13]

LOS FUERTES DEL ESTRECHO DE MAGALLANES, 1581

En 1581, desde Tomar, el duque de Alba informaba a Felipe II acerca del elenco de ingenieros seleccionados para realizar las fortificaciones del estrecho de Magallanes, considerado de vital importancia estratégica para los intereses españoles en Ultramar. En ese informe aparecían los nombres de Juan Bautista Antonelli, su hermano Bautista y su sobrino Cristóbal, junto a los también italianos de Terzi, Spannocchi y Setara[55]. Finalmente, Juan Bautista Antonelli diseñó los fuertes que se querían construir y, junto con el capitán Pedro Sarmiento de Gamboa, mostró las plantas al duque de Alba, sugiriendo colocar una cadena de hierro entre los fuertes para impedir el paso a las embarcaciones.

Sin embargo, y pese a aceptarse su propuesta, Antonelli no partió nunca hacia América, ya que se le tenía reservado otro proyecto de vital importancia para la Corona. En una carta a Juan Delgado, secretario de la Junta de Guerra, Juan Bautista escribía: «el ingeniero que podría yr a la ejecución de las dos fuerzas que se han de hacer en el estrecho de Magallanes es Bautista Antonelli, que sirve de ingeniero en el Reyno de Valencia, en donde ha entendido en la fortificación de Peñíscola y del castillo de Alicante y antes ha servido desde lo del castillo de Bernia, en la fortificación de Cartajena y otras cosas; es hombre para esto y más, es de 36 años, poco más o menos»[56]. Al final fue Bautista quien partió hacia el estrecho de Magallanes, aunque el proyecto de su hermano nunca se llevó a cabo.

LA NAVEGACIÓN DE LOS RÍOS DE ESPAÑA, 1581-1587

En 1580 Antonelli dirigió las obras de una presa sobre el cauce del río Monnegre, en los términos municipales de Tibi y Jijona, provincia de Alicante. Se trataba de su primer trabajo como ingeniero hidráulico y contó con el apoyo de su sobrino, Cristóbal Antonelli. Sin embargo, tan sólo llegó a ver levantados unos pocos metros de pared, ya que las obras se interrumpieron durante nueve años por falta de recursos. La labor fue continuada por su sobrino y por otros arquitectos e ingenieros que, como Giacomo Palearo o Juan de Herrera, incorporaron modificaciones significativas al proyecto de Antonelli. [FIG. 14]

No obstante, su gran obra de ingeniería hidráulica llegó con la incorporación de Portugal a la Corona española. Esta realidad trajo consigo la necesidad de explorar nuevas vías de comunicación para agilizar el transporte de mercancías y tropas entre el corazón de Castilla y Lisboa. De nuevo Antonelli va a ser el protagonista de esta magna empresa, la que más renombre y mayor repercusión acabó dándole. De esta etapa se conservan una gran cantidad de documentos e informes que evidencian la intensa actividad que Juan Bautista tuvo en los últimos años de su vida. En ellos da cuenta de la viabilidad de la navegación del Tajo, desde Lisboa a Madrid y Toledo, proyecto para el que contó con la ayuda de sus sobrinos Cristóbal de Roda y Francisco Garavelli Antonelli, y con el valioso apoyo de célebres contemporáneos como el también ingeniero Juanelo Turriano, el arquitecto Juan de Herrera, el historiador Ambrosio de Morales e, incluso, el mismísimo Felipe II, quien, entusiasmado con el proyecto, le encargó en 1582 el primer ensayo de navegación desde Lisboa a Madrid en una chalupa.

FIG. 14 Presa de Tibi, en el río Monnegre (Alicante).

En 1584, Felipe II quiso probar en persona la travesía desde Vaciamadrid a Aranjuez. Acompañaron en su travesía al monarca el príncipe Felipe, los infantes, grandes de España y otras personalidades de la Corte, en dos barcazas que fueron diseñadas por Antonelli, a quien, además, se le concedió el honor de asumir el papel de capitán durante la navegación. Este evento fue definido por Antonelli como «la más señalada obra que ningún príncipe haya hecho jamás», comparando la grandeza de estos trabajos con los de los césares de Roma[57].

Pero el proyecto de Antonelli era mucho más ambicioso, ya que tenía en mente ampliar la navegabilidad a todos los ríos de España. En este sentido, en 1582 escribió a Felipe II diciéndole: «lo que se haze en Tajo se puede hazer en Duero y en breve espacio puede V.M. proveer a Oporto y Galicia… Por Guadiana, Guadalquivir, Ebro y otros ríos, puede V.M., cuando estén aderezados, socorrer a todas las partes donde haya menester con toda celeridad»[58]. Debido al éxito de la empresa del Tajo, el 15 de diciembre de 1584 Felipe II le ordenó reconocer el río Guadalquivir, a fin de hacerlo navegable desde Sevilla hasta Córdoba, recibiendo en 1585 la cantidad de 37.500 maravedís «para el gasto del viaje que hizo de orden de S.M. á reconocer el río guadalquivir».

Los viajes, informes y obras a lo largo del Tajo se sucedieron en los años siguientes, hasta enero de 1588, fecha en la que realizó su última expedición fluvial a Toledo, donde fallecería poco después. Su sobrino, Cristóbal de Roda, sería quien realizase el trayecto completo entre Toledo y Lisboa, en un tiempo de 15 días. Como homenaje a esta magna obra, Martín Alonso Arias, regidor perpetuo de la villa de Alcántara, dedicó a Antonelli el siguiente soneto:

El ingenio más raro y peregrino
Que en el mundo universo se ha hallado,
Y un juicio tan claro y acendrado
Que alcanza poco menos que divino
Es uno que de Italia a España vino,
Que servir a Filipo ha profesado,
A quien el gran Monarca ha encomendado
Que por el hondo Tajo abra camino:
La obra más insigne y excelente
Que hasta hoy se ha visto en nuestra España
De quien se han mil bienes prometido.

EL FIN DE SUS DÍAS Y SUS RELACIONES FAMILIARES

Antonelli falleció el 31 de marzo de 1588 en la ciudad de Toledo, a la edad de 57 años. Tras treinta y siete años de servicio a la Monarquía Hispánica, veinte y seis de ellos como ingeniero militar, había alcanzado un gran prestigio profesional y el reconocimiento de la Corte, con los encargos de los actos de la entrada de la reina Ana de Austria en Madrid o la navegación del río Tajo con Felipe II, por no hablar de la gran confianza manifestada en su persona al encomendarle los preparativos de la «Jornada de Portugal».

Como refiere Mario Sartor, la posición que alcanzó Antonelli cuando gozaba del favor de la Corte le sirvió para atraer bajo su protección a otros miembros de su familia para que trabajasen junto a él. Si bien es fácil comprender la confianza que podía tener en ellos, al considerarlos idóneos para encargos de tanta importancia, con el tiempo sus parientes fueron alcanzando por sí mismos el grado de ingenieros, desarrollando sus propias carreras en la Península y Ultramar[59]. Esta realidad comenzó a inicios de los años setenta con la llegada de su hermano menor, Bautista[60], y continuó con la incorporación de sus sobrinos: Cristóbal y Francisco Garavelli Antonelli, hijos de su hermana Caterina; Juan Bautista Antonelli «el mozo», hijo de Bautista; y Cristóbal de Roda, hijo de su hermana Rita[61]. El hecho de constituir una saga tan prolija y de que varios de sus miembros compartieran el mismo nombre ha propiciado no pocas confusiones, adjudicándoles obras de unos a otros indistintamente, e incluso el error de que Juan Bautista «el Mayor» se hubiese «trasladado» a Ultramar, por equivocación con su hermano Bautista, que sí estuvo trabajando en el Caribe.

No obstante, y pese a haber abogado por todos ellos, Antonelli no acabó bien con algunos de estos familiares, como se desprende de la lectura de su testamento, donde reclamaba a su hermano Bautista 150 ducados y a su sobrino Cristóbal de Roda 50 ducados y 1.000 reales por préstamos y adelantos en pagos recibidos en el pasado. Por el contrario, nombraba heredero de todos sus bienes a su sobrino Cristóbal Garavelli Antonelli, mientras que a Francisco le dejaba 300 ducados y numerosos ropajes, al tiempo que legaba a su hermana Laura, monja en Gatteo, 100 ducados y las posesiones de su padre Girolamo.

Al analizar tanto el testamento como su codicilo, en los que se enumeraban todos sus bienes, se deduce que vivió de manera desahogada, sin pasar las penurias de otros inge-

nieros y hombres de armas de su época, que reclamaban continuamente sus honorarios para poder sobrevivir. Su sueldo, de 800 ducados anuales, fue de los más altos recibidos por los técnicos de su época, aunque Antonelli lo veía insuficiente, sobre todo al compararlo con el de su mayor competidor, Giacomo Palearo «El Fratín». En una carta fechada el 20 de abril de 1580 se quejaba amargamente por ello, recordándole a Felipe II sus cometidos, obligaciones y muchos sacrificios, y le encomiaba a mejorárselo: «El sueldo y merced que V.M. me haze, verdaderamente no bastan. Suplico a V.M. humilissimamente que el Fratin que ni en habilidad ni antigüedad de servicio, ni en affición y fidelidad me lleva ventaja, le manda dar cada un año dos mill ducados […] que sea servido mandarme dar lo mismo, assí por la mucha necessidad que passo, como porque [h]aviéndome V.M. por lo passado hecho más merced que a él, no entiendan que desmerezco […]»[62].

En el inventario de bienes realizado por Diego Sotelo en 1588, señala la existencia entre sus pertenencias de una caja de instrumentos de cosmografía, un «tratado de fortificación» en castellano, documentos relativos a sus trabajos en Mazalquivir, «lo que se deve hacer en Portugal para la conservación del Reino», el reconocimiento y defensa de la sierra de Espadán y el fuerte de Bernia, las defensas de los Alfaques de Tortosa, así como varias reales cédulas y ordenanzas relativas a la defensa de la costa del Reino de Valencia. Además, Sotelo señala la existencia de «un libro descrito de mano de veinte cuadernillos de cuartilla, intitulado el Capitán General de Artillería… Ingeniero e criado de SM. Católica en el cual se trata del oficio del Capitán General della en paz y en guerra y de lo que es de su cargo, dirigido al invitisimo e Catolico Rey D, Felipe nuestro señor». Parece que podría tratarse, casi con toda probabilidad, del *Epitomi del Trattato dell' Artilleria* conservado en el Museo del Ejército[63].

NOTAS

1. Así se define Juan Bautista en su testamento y codicilo. AGS, Contaduría-Mercaderes, 370-38 (legajo 7). Existe copia en el Archivo de protocolos de Toledo, publicada por L. TORO BUIZA: «Juan Bautista Antonelli, el mayor», *Boletín de la Academia Sevillana de Buenas Letras*, segunda época, vol. VII, nº 7, 1979, pp. 41-56.
2. AGS, Contaduría-Mercaderes, 370-38 (Legajo 7).
3. Datos biográficos sobre Juan Bautista Antonelli han sido recopilados por Mario Sartor con motivo de la edición crítica de los *Epitomi* del Museo del Ejército, M. SARTOR: «Giovan Battista Antonelli: el oficio de las armas», 2009; también en M. SARTOR (ed.): *Omaggio agli Antonelli*, Actas del Primo Convengo Internazionale sull'architettura militare degli Antonelli da Gatteo (Gatteo, 3-5 de octubre de 2003). Udine, Forum Edizioni, 2004. Anteriormente, LLAGUNO Y AMIROLA y J. CEÁN Y BERMÚDEZ: *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su restauración*. Madrid, Imprenta Real, 1829, tomo III; reeditada por Turner, Madrid, 1977, pp. 9-11 y 193-242; una monografía sobre los Antonelli en G. GASPARINI: *Los Antonelli. Arquitectos militares italianos al servicio de la Corona española en España, África y América*. Caracas, Ed. Arte, 2007.
4. M. SARTOR recoge las noticias sobre la familia Antonelli aparecidas en el *Indice delle memorie della Comunità di Gatteo -1549*, un manuscrito italiano del siglo XVIII depositado en la Biblioteca Malatestiana de Cesena; así como las trasmitidas por G. SASSI en su *Ecclesiografia cesenate*, manuscrito del siglo XIX de la Biblioteca Malatestiana de Cesena que recoge documentación procedente del Archivo Parroquial de San Lorenzo de Gatteo; en M. SARTOR, 2009.
5. E. TURCI: *Il castello di Gatteo già dei Malatesta e dei Guidi di Bagno*. Cesena, Società Editrice Il Ponte Vecchio, 2004, pp. 60 y ss.
6. R. P. PEDRETTI: *Castrum Gathei*. Forli, Casa Editrice Tipografica L. Bordandini, 1918, p. 16; y E. TURCI: *Il castello di Gatteo già dei Malatesta e dei Guidi di Bagno*, *op. cit.,* p. 75.
7. Sobre la guerra de Siena: A. SOZZINI: *Diario delle cose avvenute in Siena dal 20 luglio 1550 al 28 giugno 1555*, Florencia, Gio. Pietro Viesseux Editore, 1842; V. DE CADENAS: *La República de* Siena *y su anexión a* la *corona de España*. Madrid, Instituto Salazar y Castro, C.S.I.C.,1985.
8. AGS, Contaduría-Mercaderes, 370-38 (legajo 7).
9. M. SARTOR, 2009, p. 63.
10. Cit. en M. SARTOR, 2009, p. 14.
11. M. SARTOR, 2009, pp. 61-62, no cree que se formase en Pesaro, dado su perfil profesional; circunstancia que sí defiende A. CÁMARA, *Giovanni Battista Antonelli e la definizione professionale dell'ingegnere nel Rinascimento spagnolo*, en M. SARTOR (ed.): *Omaggio agli Antonelli*, *op. cit.*, pp. 163, 171.
12. G. B. ANTONELLI, 131r, ME (CE) 44.100.
13. Manuscrito del Museo del Ejército, ME (CE) 44.100, *Epitomi delle fortificationi moderne*. Toledo, 1560, fol. 2r; fol. 41v; y fol. 131r.
14. «*Ha potuto tanto in me quel calore ch Don Gio: Manrique de Lara mi ha porto che orina che inanzi la giornata di san Quintino mi springlese á serivere...*», en G. B. ANTONELLI, fol 41v., ME (CE) 44.100.
15. Nosotros mismos propusimos, de manera errónea, la identificación de Arlon, cit. en DE LA TORRE, 2002, p. 225.
16. G. B. ANTONELLI: *Epitomi dela manera de alloggiare un campo*, fol. 131r y ss, ME (CE) 44.100.
17. *Memorie della Comunità di Gatteo*, Documentos del Archivo Municipal, Biblioteca Malatestiana, Cesena; L.R. PEDRETTI: *Castrum Gathei*, Forlì, Ed. Tipografica L. Bordarini, 1918, pp. 15-16 [Fondo Pedretti, Biblioteca Malatestiana, Cesena]. Archivio Storico-gentilizio de los Condes Guidi di Bagno, Castillo de Torriana: recopilación documental de L. ABBONDANZA.
18. Esta expresión aparece recogida en la dedicatoria a Juan Manrique de Lara en los *Epitomi dela manera de alloggiare un campo*, f. 131r, ME (CE) 44.100.
19. G. B. ANTONELLI: *Epitomi dela manera de alloggiare un campo*, fol. 131r y ss., ME (CE) 44.100.
20. G. B. ANTONELLI: *Epitomi dela manera de alloggiare un campo*, fol. 131r., ME (CE) 44.100.
21. Estudios y referencias a los epítomes de Antonelli en F. RUANO PRIETO: «Unos estudios militares inéditos del siglo XVI», *Ejército. Revista ilustrada de las armas y servicios,* nº 202, 1956, pp. 37-43; L. ZOLLE BETEGÓN, «Epítomes de fortificación y artillería», en F. MARÍAS (coord.), *Carlos V. Las armas y las letras*. Madrid, Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, 2000, pp. 352-354; J. I. DE LA TORRE ECHÁVARRI: «El arte militar y los Epítomes de Juan Bautista Antonelli: sobre fortificación, artillería y castramentación», en *Tesoros del Museo del Ejército*, Madrid, Ministerio de Defensa, 2002, pp. 223-246; J. I. DE LA TORRE ECHÁVARRI: «L'arte militare nei trattati di Giovanni Battista Antonelli», en M. SARTOR (ed.): *Omaggio agli Antonelli*, *op. cit.*, pp. 69-94. Sobre el tema se expresa también A. CÁMARA: *Giovanni Battista Antonelli e la definizione professionale dell'ingegnere*, en M. SARTOR (ed.): *Omaggio agli Antonelli*, *op. cit.*, pp. 163-198.
22. ME (CE) 44.100, *Epitomi delle fortificationi moderne*, fol. 33v.
23. ME (CE) 44.100, *Epitomi delle fortificationi moderne*, fol. 31v.
24. G. LANTERI: *Due dialoghi del modo di disegnare le piante delle fortezze secondo Euclide* (1557) y *Del modo di fare le fortificazioni* (1559).
25. G. LEONARDO: *Libro sopra pigliar una fortezza per furto* (1555).
26. A. SPINOLA, en el *Epitomi della Artigleria*, fol. 42v, ME (CE) 44.100.
27. J. CELONI, en el *Epitomi della Artigleria*, fol. 43r. ME (CE) 44.100.
28. G. B. ANTONELLI: *Epitomi dela manera de alloggiare un campo*, fol. 132r y v. ME (CE) 44.100.
29. G. B. ANTONELLI: *Epitomi delle fortificationi moderne*, fol. 2r. ME (CE) 44.100.
30. F. RUANO: «Unos estudios militares inéditos del siglo XVI», en *Ejército. Revista ilustrada de las armas y servicios,* 1956, nº 202, pp. 37-43.
31. F. RUANO, 1956, p. 38.

32. AGS, Estado, 329-I-34: *Los puntos de la instrucción que llevó Juan Bapta. Antoneli, ingeniero que fue a Valencia, a 2 de octubre de 1561*, Cit. en M. SARTOR, 2009, p. 65.
33. AGS, Estado, 329-I-35 [1562].
34. SARTOR: *El oficio de las armas…*, 2009, pp. 65 y 66.
35. AGS, G.A., 70 [1562], f. 219.
36. A. CÁMARA: «La profesión de ingeniero: los ingenieros del Rey», en M. SILVA (ed.): *Técnica e Ingeniería en España. El Renacimiento*. Zaragoza, Institución Fernando el Católico, 2004, pp. 125-164; J. I. DE LA TORRE (2009): «Si vis pacem, para vellum: la cultura militar defensiva en la España del siglo XVI (*ca.* 1530-1570), en M. SARTOR (ed.): *Epitomi delle fortificationi moderne*. Udine, Forum Edizioni, 2009, pp. 107-199.
37. AGS, Estado, 329-I-13 [30 marzo 1563]: *Discurso sobre la fortificación y defensa del Reyno de Valencia del maestre racional de aquel Reyno, y de Juan Bautista Antoneli*.
38. AGS, G.A., 72, fol. 295 y 296.
39. A. CÁMARA: *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*. Madrid, Nerea, 1998, p. 69.
40. AGS, G.A., 70 [1562]; A. CÁMARA: «Las torres del litoral en el reinado de Felipe II: Una arquitectura para la defensa del territorio (I)», en *Espacio, tiempo y forma (EFT). Revista de la Facultad de Geografía e Historia de la UNED*. Serie VII, Historia del Arte, nº 3, 1990, pp. 55-86; y A. CÁMARA: «Las torres del litoral en el reinado de Felipe II: una arquitectura para la defensa del territorio (y II)», en *Espacio, tiempo y forma (EFT). Revista de la Facultad de Geografía e Historia de la UNED*. Serie VII, Historia del Arte, nº 4, 1991, pp. 53-94.
41. Cit. en A. CÁMARA, 1998, p. 119.
42. *Furs, Capitols, Provisions, e actes de corf, fets y otorgats per la S.C.R.M. del Rey Don Phelip nostre senyor ara gloriosament regnant, 1564 cap. CXV*; cit. en E. SALVADOR (1974): *Cortes valencianas en el reinado de Felipe II*. Valencia.
43. M. VIGANÒ, «… como los médicos que siempre discordan»: «Giovan Battista Antonelli e Giovan Giacomo Paleari Fratino sulle frontiere di Spagna», en M. SARTOR (ed.), *Omaggio agli Antonelli*, *op. cit.*, pp. 219-262; y M. VIGANÒ: «El fratin mi ynginiero»: *I Paleari Fratino da Morcote ingegneri militari ticinesi in Spagna (XVI-XVII secolo)*. Bellinzona, Edizioni Casagrande, 2004.
44. AGS, G.A., 72 [1569], ff. 182-185, 294: *Discurso sobre la defensa de la frontera de Navarra y de la de Guipúzcoa y sobre el modo de hacer fortificaciones de tapierías y sus provechos*.
45. E. LLAGUNO Y AMIROLA y J. CEÁN Y BERMÚDEZ: *Noticias...*, *op. cit.*, t. III, 1829, p. 10; ZOLLE, 2000, p. 353.
46. J. LÓPEZ DE HOYOS: *Real aparato y suntuoso recibimiento con que Madrid recibió a la serenísima reina Doña Ana de Austria… Impreso en la coronada villa de Madrid por Juan Gracián. 1572*.
47. A. CÁMARA MUÑOZ: «El poder de la imagen y la imagen del poder: la fiesta en Madrid en el Renacimiento», en *Madrid en el Renacimiento*. Madrid, Dirección General de Cultura de la Comunidad de Madrid, 1986.
48. M. SARTOR, 2009, p. 71.
49. J. I. DE LA TORRE ECHÁVARRI: «L'arte militare nei trattati», *op. cit.*, p. 74.
50. AGS, G.A., 102, f. 57: carta enviada por Llerena el 28 de marzo de 1580 a Juan Delgado, secretario del Consejo de Guerra. Para el papel jugado por Antonelli con motivo de la anexión de Portugal ver: M. SOROMENHO: «Il Portogallo nella Monarchia Iberica: i percorsi di Giovanni Battista Antonelli», en M. SARTOR (ed.), *Omaggio agli Antonelli*, *op. cit.*, pp. 263-273.
51. AGS, G.A., 102, fols. 104, 53, 54, 65; recoge la correspondencia de Antonelli con Felipe II y con Juan Delgado, secretario del Consejo de Guerra, del 14 de marzo de 1580; AGS, G.A., 102, fol. 57: carta enviada por Llerena el 28 de marzo de 1580 a Juan Delgado.
52. Carta a S.M. del 23 de febrero de 1580. AGS, G.A., 101, f. 336; cit. en M. SARTOR, 2009, p. 77.
53. Cit. en CARRILLO DE ALBORNOZ: *Abriendo camino. Historia del Arma de Ingenieros,* Madrid, Ministerio de Defensa,1997, p. 67.
54. AGS, G.A., 102, f. 57.
55. AGS, G.A., 112, F. 216, 14 de abril de 1581: *Relación que el Duque de Alba envió de las personas que le propusieron para ingenieros para los fuertes del estrecho y ayudantes dello.*
56. Colección Aparici, t. V, R. 2 [1581]. Aparici hace referencia a la documentación del AGS, Mar y Tierra (que es la antigua clasificación por *GA*), 614.
57. AGS, G.A., leg. 72, cit. en A. CÁMARA, 1998, p. 213.
58. AGS, G.A., 125, f. 159, carta de 9 de mayo de 1582 dirigida a Felipe II.
59. M. SARTOR 2009, pp. 76-77.
60. «Representación de Juan de Ibarra al rey en favor de Baptista Antonelli», dada en Madrid el 23 de septiembre de 1593, en E. LLAGUNO Y AMIROLA: *Noticias...*, *op. cit.*, t. III, p. 267.
61. M. SARTOR (ed.): *Omaggio agli Antonelli*, *op. cit.*; E. LLAGUNO Y AMIROLA y J. CEÁN Y BERMÚDEZ: *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su restauración*. Madrid, Turner, 1977, pp. 9-11 y 193-242; una monografía sobre los Antonelli, G. GASPARINI: *Los Antonelli. Arquitectos militares italianos al servicio de la Corona española en España, África y América*. Caracas, Ed. Arte, 2007.
62. AGS, G.A., 102, f. 128: carta desde Llerena del 20 de abril de 1580.
63. F. RUANO: «Unos estudios militares inéditos del siglo XVI», *op. cit.*, p. 39.

BIBLIOGRAFÍA

D. ANGULO ÍÑIGUEZ: *Bautista Antonelli. Las fortificaciones americanas del siglo XVI.* Madrid, Hauser y Menet, 1942.

J. V. BOIRA MAIQUES: «Geografia i control del territori. El coneixement i la defensa del litoral Valencia al segle XVI: l'enginyer Joan Baptista Antonelli», *Cuadernos de Geografía,* Universitat de València, nº 52, 1992, pp. 183-199.

X. CABANES: *Memoria que tiene por objeto manifestar la posibilidad y facilidad de hacer navegable el río Tajo desde Aranjuez hasta el Atlántico*. Madrid, Imprenta de don Miguel de Burgos, 1829.

A. CÁMARA MUÑOZ: «La arquitectura militar y los ingenieros de la monarquía española. Aspectos de una profesión (1530-1650)», *Revista de la Universidad Complutense*, nº 3, 1981, pp. 255-269.

— «El poder de la imagen y la imagen del poder: la fiesta en Madrid en el Renacimiento», en *Madrid en el Renacimiento*. Madrid, Dirección General de Cultura de la Comunidad de Madrid, 1986.

— «Las torres del litoral en el reinado de Felipe II: Una arquitectura para la defensa del territorio (I)», en *Espacio, tiempo y forma (EFT). Revista de la Facultad de Geografía e Historia de la UNED.* Serie VII. Historia del Arte, nº 3, 1990, pp. 55-86.

— «Las torres del litoral en el reinado de Felipe II: una arquitectura para la defensa del territorio» (y II), en *Espacio, Tiempo y forma (EFT). Revista de la Facultad de Geografía e Historia de la UNED.* Serie VII. Historia del Arte, nº 4, 1991, p. 53-94.

— *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*. Madrid, Ed. Nerea, 1998.

— «Giovanni Battista Antonelli e la definizione professionale dell'ingegnere nel Rinascimento spagnolo», en M. SARTOR (ed.): *Omaggio agli Antonelli*. Udine, Forum Edizioni, 2004, pp. 163-198.

J. CARRILLO DE ALBORNOZ: *Abriendo camino. Historia del Arma de Ingenieros,* Madrid, Ministerio de Defensa, 1997.

V. DE CADENAS: *La República de Siena y su anexión a la corona de España*. Madrid, Instituto Salazar y Castro, C.S.I.C., 1985.

P. CATANEO: *I Quattro Primi Libri d'Architettura*. Venecia, Imprenta de los Figliuoli di Aldo [Manuzio], 1554.

C. DUFFY: *Siege Warfare. The Fortress in the Early Modern World, 1494*-1660, vol. 1. Londres, Routledge and Kegan Paul, 1979.

G. GASPARINI: *Los Antonelli. Arquitectos militares italianos al servicio de la Corona española en España, África y América*. Caracas, Ed. Arte, 2007.

J. LORENZO ARRIBAS: «Un proyecto inédito del arquitecto Juan de Villanueva para hacer navegable el Tajo», en M. CRIADO DEL VAL (dir.): *Actas del IV Congreso Internacional de Caminería Hispánica*, tomo I, pp. 463-478. Madrid, Ministerio de Fomento, 2000.

E. LLAGUNO Y AMIROLA y J. CEÁN Y BERMÚDEZ: *Noticias de los Arquitectos y Arquitectura de España desde su restauración,* tres vols. Madrid, Ed. Turner, 1979.

F. RUANO PRIETO: «Unos estudios militares inéditos del siglo XVI». *Ejército. Revista ilustrada de las armas y servicios,* nº 202, 1956, pp. 37-43.

E. SALVADOR ESTEBAN: *Cortes valencianas en el reinado de Felipe II*. Valencia, 1974.

M. SARTOR (ed.): *Omaggio agli Antonelli*, Actas del Primo Convengo Internazionale sull'architettura militare degli Antonelli da Gatteo (3-5 de octubre de 2003). Udine, Forum Edizioni, 2004.

— «Giovan Battista Antonelli: el oficio de las armas»; en M. SARTOR (ed.): *Epitomi delle fortificationi moderne*. Udine, Forum Edizioni, 2009, pp. 9-106.

— (ed.): *Epitomi delle fortificationi moderne*. Udine, Forum Edizioni, 2009.

M. SOROMENHO: «Il Portogallo nella Monarchia Iberica: i percorsi di Giovanni Battista Antonelli», en M. SARTOR (ed.), *Omaggio agli Antonelli*, Actas del Primo Convengo Internazionale sull'architettura militare degli Antonelli da Gatteo (3-5 de octubre de 2003). Udine, Forum Edizioni, 2004, pp. 263-273.

L. TORO BUIZA: «Juan Bautista Antonelli, El Mayor», *Boletín de la Real Academia Sevillana de Buenas Letras,* nº 7, 1979, pp. 41-56.

J. I DE LA TORRE ECHÁVARRI: «El arte militar y los Epítomes de Juan Bautista Antonelli: sobre fortificación, artillería y castrametación», en *Tesoros del Museo del Ejército*, Madrid, Ministerio de Defensa, 2002, pp. 223-246. 2ª edición, 2007.

— «L'arte militare nei trattati di Giovanni Battista Antonelli», en M. SARTOR (ed.), *Omaggio agli Antonelli*. Udine, Forum Edizioni, 2004, pp. 69-94.

— «Si vis pacem, para vellum: la cultura militar defensiva en la España del siglo XVI» (*ca.* 1530-1570); en M. SARTOR (ed.) *Epitomi delle fortificationi moderne*. Udine, Forum Edizioni, 2009, pp. 107-199.

E. TURCI: *Il castello di Gatteo già dei Malatesta e dei Guidi di Bagno*. Cesena, Società Editrice Il Ponte Vecchio, 2004.

G. B. ZANCHI: *Del modo di fortificare la cittá*. Venecia, Pietrasanta, 1554.

L. ZOLLE BETEGÓN: «Epítomes de fortificación y artillería», en F. MARÍAS (coord.), *Carlos V. Las armas y las letras*, Madrid, Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, 2000, pp. 352-354.

Volver al índice

7
Cristóbal de Rojas. De la cantería a la ingeniería*

ALICIA CÁMARA MUÑOZ
Catedrática de Historia del Arte. UNED

Cristóbal de Rojas fue un maestro de cantería que llegó a ser ingeniero del rey. Conocer ese proceso de ascenso profesional nos da claves para entender las circunstancias en las que se desenvolvieron los profesionales de la construcción en la España del Renacimiento. El nombre de Rojas es recordado sobre todo por el tratado que publicó en 1598, pero también por su trabajo en la fortificación de Cádiz, donde comenzó como maestro mayor y acabó como ingeniero, destinado en esas obras por muchos años. Allí tuvo que soportar que el Consejo de Guerra impusiera las trazas de Tiburzio Spannocchi, Ingeniero Mayor de los reinos de España, pese a las críticas que Rojas hizo llegar al Consejo de manera reiterada. Su argumentación siempre se basó en lo que le dictaba su experiencia como arquitecto, en realidad maestro de cantería, unida a su experiencia de la guerra, cuestionando que la capacidad como dibujante de Spannocchi le avalara como ingeniero.

Sin embargo, en el tratado de 1598 se declaraba admirador suyo[1], quizá por verse ya a sí mismo como ingeniero cortesano, protegido por el círculo científico generado en torno a la Academia de Matemáticas. Pero los años cambiaron esa estima, porque en el manuscrito de 1607 habla de un «ingeniero muy fantástico que pensaba que en el mundo no había otro como él»[2], y no nos cabe duda de que habla de Spannocchi porque los argumentos para menospreciarle son exactamente los que fundamentaron un informe suyo contra la ciudadela proyectada por Spannocchi para Cádiz, que veremos más adelante. Pero no le bastó, al fin y al cabo no fue publicado, así que en el tratado de 1613 cuestionaba sin ambages el valor del dibujo de los ingenieros llegados de lejanas tierras[3], como era el caso de Spannocchi, y vamos a tener ocasión de leer otras críticas concretas al dibujo frente a lo que sabían los soldados y arquitectos experimentados. Por ello, este texto se podría haber llamado «canteros *versus* dibujantes». Hay otra cuestión a considerar, y es que en la trayectoria de Rojas influyeron unos orígenes modestos socialmente, que en

nada podían competir con ingenieros que eran nobles caballeros, y de hecho, Spannocchi manifestaba un cierto desprecio hacia los ingenieros que recibían del rey la nobleza que él tenía por nacimiento, habiendo sido antes canteros y carpinteros[4]. Ese era precisamente el caso de Rojas. Así pues, con el tiempo, y por las polémicas sobre Cádiz, acabaría una buena relación, que se había iniciado cuando Spannocchi le recomendó como maestro mayor de las fortificaciones de esa ciudad[5]. También la figura del ingeniero cortesano, bregado por lo general en las fortificaciones de las extensas fronteras de la monarquía, y la cuestión de los protectores de unos u otros, ese ser «hechura de», podría haber dado otro enfoque al tema, pero saber cómo un cantero llegó a capitán y a ingeniero resulta de interés para conocer algo mejor la profesión. Estos y otros debates y circunstancias, van a ir surgiendo a lo largo del texto, que aspira a explorar cuestiones hasta ahora poco tratadas en relación con la profesión de ingeniero en el Renacimiento.

Esta es la breve historia de una ambición. La de un buen maestro de cantería, formado en la construcción del monasterio de El Escorial, que fue nombrado maestro mayor de algunas obras importantes, y que, primero en Pamplona y más tarde en Cádiz, se debió de dar cuenta de las grandes posibilidades profesionales que ofrecía la ingeniería. Efectivamente, la fortificación y la obra pública eran necesarias para la defensa y control de los territorios de la monarquía, los ingenieros del rey gozaban de un gran reconocimiento social y de altas remuneraciones, y a Rojas solo le faltaba la experiencia de la guerra para aspirar al título de ingeniero cuando las circunstancias le llevaron a intentarlo con éxito.

DE MAESTRO CANTERO A «MAESTRO MAYOR INGENIERO»

Cristóbal de Rojas nació en 1555, y se han dado dos lugares posibles de nacimiento: tradicionalmente se ha pensado que fue en Toledo, en cuya universidad pudo iniciarse en las matemáticas, y más recientemente se ha planteado la posibilidad de que fuera en Baeza, ciudad en la que la cantería alcanzó cotas de perfección admirables en el Renacimiento, y de la que procedía otro de los grandes canteros de la época como Ginés Martínez de Aranda[6]. En cualquier caso, empezó a formarse desde niño, porque en 1602 afirmaba tener una experiencia de cuarenta años, de lo que se deduce que su formación empezaría a los siete años[7]. Hasta 1584 trabajó como maestro cantero en El Escorial, donde entraría en contacto con Juan de Herrera, uno de sus protectores. No fue Rojas el único en llegar a ingeniero desde la práctica de la construcción del monasterio de El Escorial. También Gaspar Ruiz, otro de los ingenieros a los que Spannocchi se preciaba de haber formado como tal[8], comenzó como maestro, en este caso de albañilería, aunque afirme que también lo fue de cantería, en El Escorial[9]. El mismo Gaspar Ruiz, hijo de un aparejador del monasterio, es quien nos explica cómo dos maestros de cantería como él y Rojas llegaron a formarse como ingenieros, porque recuerda que fue Felipe II personalmente quien decidió que había que formar a ingenieros españoles como expertos en arquitectura militar por la falta que había de ellos. Le llegaron noticias de la habilidad de Gaspar Ruiz, y fue uno de los nombrados para formarse en esa profesión, en su caso al lado de Casale. Resulta interesante para entender los debates sobre la ingeniería en ese tiempo, que también Gaspar Ruiz reivindicara la experiencia frente a lo que pudieran

proyectar los «ingenieros teóricos» cuando tuvo problemas en la fábrica de Cabeza Seca en Portugal, enfrentado a Leonardo Turriano, alegando entre otras razones que, frente a un ingeniero italiano como Turriano, el rey debía favorecer a los ingenieros españoles. La reivindicación de la experiencia no se limitó a los profesionales de la fortificación, en este caso refleja también lo que pensaba su protector Cristóbal de Moura, marqués de Castel Rodrigo y miembro del Consejo de Estado, quien decía que Euclides no era necesario cuando había mucha experiencia, porque «la pratica de las cosas, vale más que la theórica dellas»[10]. Viene a ser la misma situación en la que se encontró Rojas, enfrentado a Spannocchi en Cádiz, defendiendo la experiencia frente al ingeniero italiano que hacía bellos dibujos. Si consideramos que tanto Turriano como Spannocchi fueron nombrados ingenieros mayores, que fueron excelentes dibujantes, y que se movieron como pez en el agua en la Corte, podríamos ver en estos enfrentamientos la colisión entre los ingenieros formados en la construcción, y los que procedían del mundo de la guerra y la ciencia, extraordinariamente valorados en los círculos más próximos al poder.

Una vez finalizadas las obras de cantería en El Escorial, en 1584, Rojas fue a Sevilla, donde estaba también Juan de Minjares, quien a su vez había sido aparejador en El Escorial, y construía la Casa de Contratación con trazas de Juan de Herrera, y con quien volverá a coincidir en 1597 cuando tanto él como Minjares informaron sobre las fortificaciones de Cádiz. Su formación científica y su dominio de los instrumentos de medición se pondrían de manifiesto ya en esos años en Sevilla, porque llegó a pedir permiso al ayuntamiento «para levantar y publicar» un plano de la ciudad en 1589[11].

Entre 1588 y 1589 estuvo como «maestro cantero» en la construcción de la ciudadela de Pamplona, en la que la obra de cantería fue determinante, como se encargó Rojas de recordar en alguno de sus informes muchos años después. En 1589 regresaría a Madrid, donde volvió a entrar en contacto con Juan de Herrera y fue entonces cuando solicitó por primera vez la plaza de ingeniero. Alegaba que conocía los principios y reglas universales del oficio de ingeniero, era «hombre práctico» y tenía inteligencia de la teórica y práctica para la firmeza y perpetuidad de los edificios. El Consejo de Guerra pidió informe sobre esta solicitud al capitán general de Artillería Juan de Acuña Vela, según el cual Rojas además de haber hecho grandes obras de arquitectura (no dice proyectado o trazado) y ser entendido en obra de cantería, sabía muy bien la matemática, por lo que «con facilidad vendrá a ser ingeniero como vea y platique con los tales»[12]. Como consecuencia le mandaron como maestro mayor a las fortificaciones de Cádiz. No es lo que quería, porque no fue como ingeniero, pero sin duda era una ciudad en la que aprender, ya que por ella habían pasado y dejado su huella los mejores ingenieros de la monarquía: Giovan Battista Calvi, Giacomo Palearo «El Fratín», Giovan Battista Antonelli y Tiburzio Spannocchi. Fue a Cádiz una vez que Herrera informó que Rojas no era necesario para atender a otras cosas en la Corte, lo que vuelve a recordarnos que Herrera fue su protector[13]. De hecho, la muerte de este en 1597 coincidirá con que Rojas fuera destinado definitivamente a Cádiz, por lo que su carrera ya nunca pudo tener la proyección con la que había soñado, con todo y con ser un buen destino las fortificaciones de Cádiz y todo su entorno.

Pese a una carrera como ingeniero muy bien diseñada, hay que decir que siempre se sintió orgulloso de ser maestro cantero. Todavía en 1609, con título de ingeniero desde hacía ya muchos años, firmó conjuntamente con Alonso de Vandelvira un informe con-

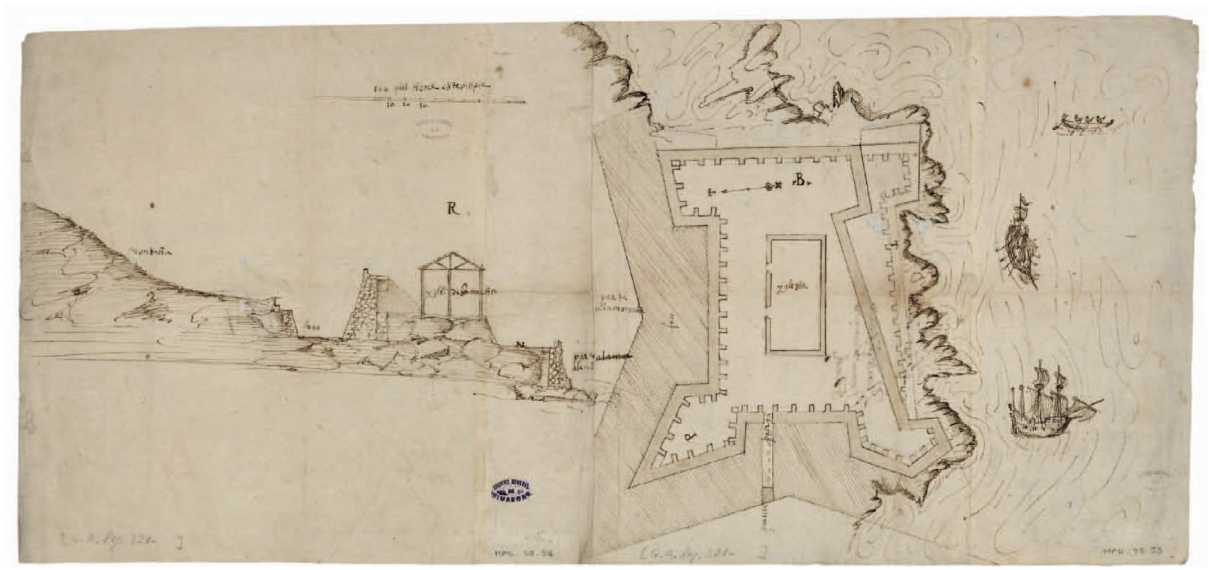


FIG. 1 CRISTÓBAL DE ROJAS. *Perfil del Fuerte de San Martín en Santander*, 1591. Archivo General de Simancas, MP y D 38, 054.

trario a la construcción de los fuertes del Puntal y Matagorda en Cádiz, acabando así, «y esto decimos en Dios y en nuestra conciencia conforme al oficio de maestros de cantería y con la esperiencia que tenemos de las obras de agua»[14]. Por eso, adquieren especial relevancia los trazados de cantería en su tratado *Teórica y práctica de fortificación*, escrito en 1596, que se han relacionado con el tratado de Alonso de Vandelvira, escrito entre 1578 y 1591, aunque no llegara a la imprenta, y sobre todo con los *Cerramientos y trazas de montea* de Ginés Martínez de Aranda, quien escribiría su obra en torno a 1600, después de haber sido maestro mayor de la catedral de Cádiz[15]. El orgullo de reconocerse cantero se basaba el convencimiento de que un ingeniero tenía que saber los principios de la construcción, porque era lo único que impedía que fuera engañado por un albañil, ya que estos «en oliendo que el ingeniero no es pratico, a vueltas de espaldas burlan, y mofan del, y todo viene en daño de la fábrica». En resumidas cuentas, lo que venía a decir en ese año de 1613 era que la mejor carrera era la suya, basada por un lado en tener experiencia de la guerra para saber elegir los sitios, y por otro en el conocimiento de la «firmeza, proporción y recreación a la vista», además de los cortes de cantería y cerramiento de las bóvedas, «todo lo qual es muy dificultoso al que no lo hubiere contrahecho, y aprendido de buenos maestros»[16]. Por eso debemos entender que para Rojas su saber como cantero contribuía a hacerle mejor ingeniero.

Su primera estancia en Cádiz fue breve, pues desde la Corte, donde había ido a dar cuenta del estado de la fortificación de la ciudad, fue enviado a Bretaña como ingeniero a las órdenes de Juan del Águila, sustituyéndole como maestro mayor en Cádiz Francisco Armentia[17]. Durante el viaje, en julio de 1591, se estrenó como ingeniero de fortificación capaz de dar trazas, con sus escalas y un buen dibujo, haciendo un proyecto para reedificar el fuerte de San Martín en Santander, necesario para proteger el puerto [FIG. 1]. Lo hizo por orden de Luis Fajardo, capitán general de la Armada del Mar Océano, quien intervendría años después de manera decisiva en las fortificaciones de Cádiz, y en 1614 volverá a coincidir con Rojas en la toma de La Mámora. En el proceso de ascenso profesional de Cristóbal de Rojas, no podemos dejar de señalar que la carta de Fajardo sobre

este fuerte de Santander se acompaña con el «tanteo y parecer de Cristóbal de Rojas, maestro mayor ingeniero»[18], denominación que suma profesiones, y que era menos que ingeniero del rey. Esta denominación la encontramos en algún otro caso, y nos puede ayudar a entender cómo se utiliza en otras obras el cargo de «maestro mayor arquitecto» que tantas veces los historiadores interpretamos simplificándolas como «arquitecto», cuando son categorías distintas, sobre todo si interviene un nombramiento real. Por ejemplo, en 1608, se decidió que el ingeniero del rey Bautista Antonelli ganara 60 ducados en las fortificaciones de Cataluña, en lugar de los 35 que ganaba el maestro mayor ingeniero que hasta entonces se había hecho cargo de ellas[19]. Así pues, en el mundo de la arquitectura militar y la ingeniería estaban muy diferenciadas a efectos de salario y consideración las funciones de los maestros mayores y de los ingenieros del rey.

En Bretaña, Rojas adquirió la experiencia en la guerra que se les exigía a los ingenieros. Por ora parte, la necesidad de ser «hechura» de algunos de los miembros de la casta guerrera de que se rodeó Felipe II, es lo que le haría desear que su carrera quedara vinculada a Juan del Águila, de quien dice en el prólogo de su tratado de 1598 que «como capitán de gran valor y experiencia, no dexa estar ociosos a los que militan debaxo de su govierno». De hecho Juan del Águila fue quien le dio la patente de capitán en 1595 durante su estancia en Bretaña, y su protección era clara cuando escribió sobre Rojas, en el momento en que este regresaba a la Corte, que cualquier merced que el rey le hiciera «la tendré yo por propia, por lo bien que le he visto servir»[20]. Eso era ser hechura de alguien, y para medrar era necesario. Quizá años después, cuando tuvo problemas en su actividad como ingeniero en Cádiz le faltara la protección directa de un cortesano, aunque tuviera la del poderoso duque de Medina Sidonia, que mostró un comportamiento diverso al de los nobles estantes en la Corte[21]. Desconocemos la razón de que Rojas dedicara su pequeño tratado, publicado en 1613 en el que actualizaba el de 1598, a Juan Hurtado de Mendoza, duque del Infantado, pero pensamos que influiría el que fuera miembro de los Consejos de Estado y de Guerra del rey, por lo que cabía esperar de él la protección que necesitaba el propio Rojas, pero sobre todo su joven hijo Bartolomé, para quien pidió, y consiguió, ese mismo año de 1613, un salario de 10 escudos al mes a fin de formarle a su lado como ingeniero, cuando contaba tan solo diez años.[22]

En una Bretaña sublevada contra el rey francés, y a la búsqueda de su independencia, el duque de Mercœur ofrecería a Felipe II el puerto de Blavet, hoy Port Louis, el mejor de Bretaña, además de otros lugares, a cambio de su ayuda. Allí llegaría en 1591 Rojas, siendo en su origen el castillo del Águila obra de Rojas, que reforzó el fuerte que ya había con dos medios baluartes hechos de tierra y fajina, además de abrir un foso, ante la impotencia de los de la tierra, según relata Cabrera de Córdoba[23]. Conservamos un dibujo seguro de su mano, que es el sitio de Craon [FIG. 2], una victoria importante, que hizo pensar a Felipe II que podría conseguir Bretaña. Otro de los dibujos que conocemos, en este caso de Blavet, también le ha sido atribuido[24], aunque tuvo que haber otro, puesto que la relación de Rojas habla de letras y colores para indicar distintos elementos, que no aparecen en el conservado. Por otra parte, rentabilizó su paso por Santander, porque le permitió conocer los materiales de la zona, y en consecuencia pudo proponer que la cal para la fortificación se llevara desde Santander y Laredo, porque en Blavet era muy mala, aprovechando los muchos barcos que desde Santander iban a Bretaña[25].

FIG. 2 CRISTÓBAL DE ROJAS, *Plano del sitio de Craon*, 1592. Archivo General de Simancas, MP y D 24, 040.

Durante su estancia en Bretaña polemizó con Giulio Lasso[26], controversia de la que sacaría bastante partido, porque su propuesta de baluarte, que combina el ángulo y la curva, la incorporó a sus lecciones de fortificación en la Academia de Matemáticas, y la vemos gráficamente en su tratado [FIG. 3], y se pronunció por los baluartes macizos frente a los vacíos, tema que le seguía preocupando en 1611[27]. En Bretaña aprendió a fabricar con tierra, fajina y céspedes en los fuertes que hizo a las órdenes de Juan del Águila, pero Rojas sabía que el uso de esos materiales no valía más que para Flandes, pero no así en España, donde no era fácil encontrarlos, y había que fabricar «conforme al lugar donde se hallare cada uno»[28]. Sin embargo, en su tratado de 1598, defenderá los terraplenes de fajina, mucho más difíciles de minar[29]. Era una contradicción aparente, pero muy de la época, esta de defender que la experiencia permitía teorizar sabiendo que, precisamente la experiencia, obligaba a desechar esa teoría en muchas ocasiones.

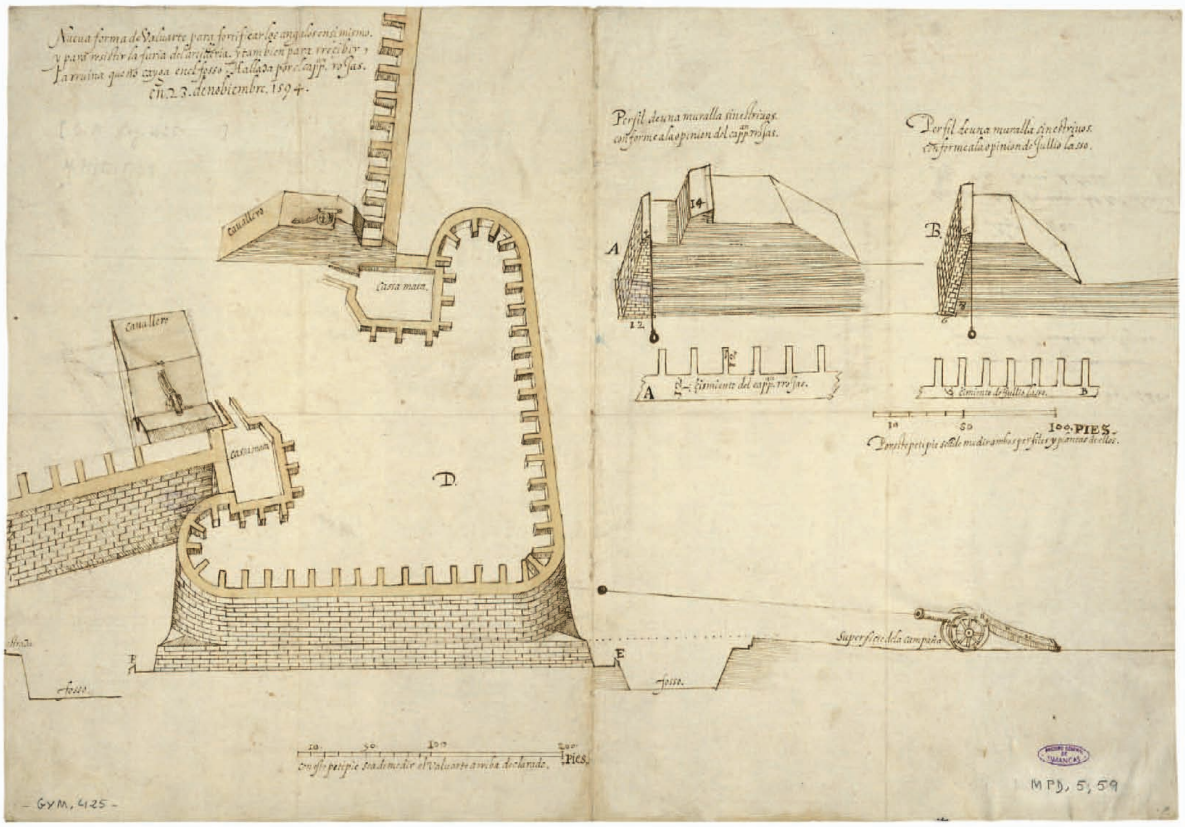


FIG. 3 CRISTÓBAL DE ROJAS, dibujos para explicar la polémica con Giulio Lasso en Bretaña, con el nuevo diseño de baluarte. 1594. Archivo General de Simancas, MP y D 05, 059.

EL INGENIERO EN LA ACADEMIA

En 1595 Rojas regresó a la Corte, y ese año recibió por fin el título de ingeniero del rey. Llevaba siete años sirviendo como ingeniero, y en Bretaña había servido también «con sus armas y caballo, hallándose en todas las ocasiones que se an ofrecido de pelear», lo que le permitía aspirar tanto al título de ingeniero como al de capitán ordinario. El ser capitán no era un tema menor, porque facilitaba que se le obedeciera en el ejercicio de su profesión de ingeniero, en la que tenía que tratar continuamente con maestres de campo y otros capitanes. Visto por el Consejo de Guerra, que tuvo muy en cuenta el apoyo de Juan del Águila a la solicitud de Rojas (para lo que le había dado incluso permiso para ir desde Bretaña a la Corte a ocuparse directamente de su pretensión, ya que desde 1594 lo pedía sin resultados), se le concedió el título de ingeniero con cuarenta escudos de sueldo al mes, el mismo que ya tenía sirviendo con Juan del Águila, pero por el momento no se le dio el título de capitán ordinario[30].

Al año siguiente, tras el ataque inglés, fue enviado a Cádiz, a donde llegó en julio de 1596, aunque no fuera enviado allí definitivamente por el rey hasta junio de 1597[31]. Podemos deducir que entre 1595 y 1597 fue cuando impartió las lecciones en la Academia de Matemáticas que dieron origen a su famoso tratado. De hecho, el tener un libro sobre fortificación preparado para su impresión, se convirtió en un nuevo argumento, en este caso eficaz, para que por fin se le concediera el título de capitán, aunque fuera «*ad onoris*»,

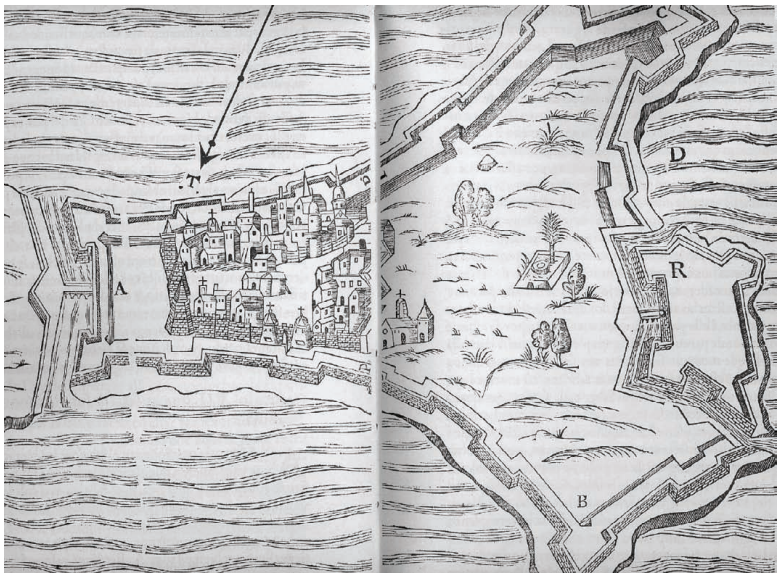


FIG. 4 CRISTÓBAL DE ROJAS, *Teorica y practica de fortificacion, conforme las medidas y defensas destos tiempos*. Madrid, Luis Sánchez, 1598. Plano de la ciudad de Cádiz.

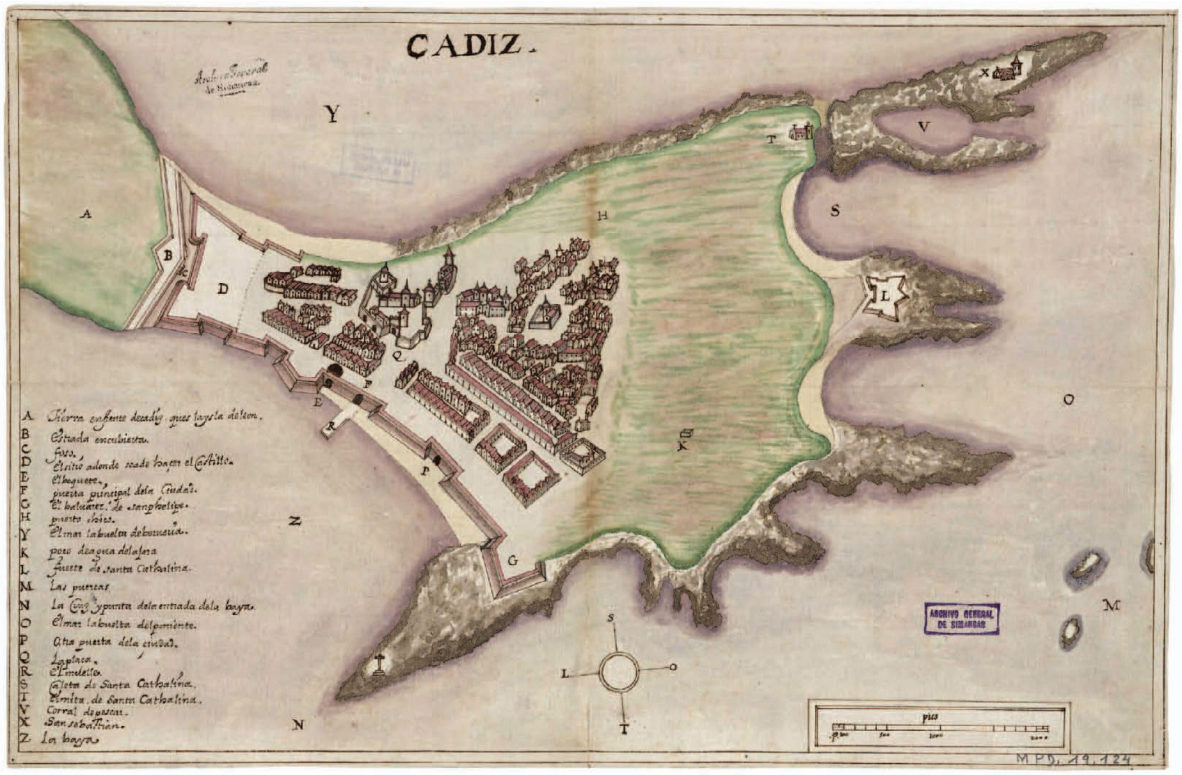


FIG. 5 *Planta de la ciudad de Cádiz*, 1609. Archivo General de Simancas, MP y D 19, 124.

es decir, sin sueldo. Lo consiguió el 30 de abril de 1597, si bien hasta 1613 no se le dio el salario que tenían los capitanes ordinarios[32]. El tratado se publicó en 1598, cuando ya estaba destinado como ingeniero en Cádiz. Quizá se ocuparía de la impresión durante su estancia en la Corte entre diciembre de 1597 y marzo de 1598, cuando llevó la traza y el modelo de la fortificación de la ciudad, porque tuvo que explicar, cuando pidió que le pagaran el viaje, que había ido solo a eso, lo que puede hacer sospechar que alguien había insinuado razones privadas, quizá en relación con esa publicación del tratado[33].

En su tratado vuelca lo aprendido de otros ingenieros, de otros tratados, y de su propia práctica. En ese sentido, ya hemos comentado que incluyó su experiencia con la fajina

en Bretaña o el modelo de baluarte que ideó, pero también representa la ciudad de Cádiz [FIG. 4], y lo hace dando un desarrollo desmesurado del fuerte de Santa Catalina, proyecto que Rojas defendía frente a la ciudadela de Spannocchi, y que constituía casi un aval de lo que era capaz de hacer en Cádiz. El fuerte realizado no tuvo esa envergadura [FIG. 5], y en 1598 todavía estaba peleando por lograr que el Consejo de Guerra aceptara su construcción[34]. Lo consiguió con el tiempo, y hoy es de las pocas fortificaciones que se conservan en Cádiz de esa época. Una vez más Rojas acabaría triunfando por su perseverancia, pero también por conocer el poder de la imprenta, que ha dejado para la posteridad el Cádiz que él imaginó, convertido en modelo universal de ciudad fortificada en una isla.

FIG. 6 CRISTÓBAL DE ROJAS, *Teorica y practica de fortificacion, conforme las medidas y defensas destos tiempos*. Madrid, Luis Sánchez, 1598. Portada del tratado.

Un análisis del tratado llevaría muchas páginas y no es este el lugar para hacerlo, pero en la reflexión sobre la profesión de ingeniero a que obliga la carrera de Cristóbal de Rojas, hay que señalar que su tratado fue un espléndido resultado de la Academia de Matemáticas dirigida por Juan de Herrera. Lujosamente editado, por su formato y por los grabados que lo ilustran, la portada es una síntesis de los elementos que debe tener la puerta de una fortificación, al fin y al cabo la mejor expresión de la arquitectura del poder, con columnas fajadas, puntas de diamante y elementos simbólicos como el escudo con el toisón de oro que explicitan que estamos ante la puerta de una fortaleza, capaz de asustar a los enemigos mostrando el poder de su dueño [FIG. 6].

Rojas alardea de sus buenas relaciones en la Corte, recordando que quien le animó a impartir sus lecciones y luego a publicarlas fue Francisco Arias de Bobadilla, conde de Puñonrostro, quien por cierto opinó sobre la fortificación de Cádiz en 1597. Entre los científicos que cita están Julián Firrufino, profesor de geometría, y Spannocchi, quien asistió a algunas de sus lecciones de fortificación, alguien que podía «ser maestro a los muy cursados en ella», incluyendo incluso el instrumento que usaba Spannocchi para hacer las plantas y dibujos del territorio, como modelo de instrumento científico. Y por supuesto no podía faltar entre sus referentes su protector Juan de Herrera, a quien compara con Arquímedes y con Vitruvio[35].

En el tratado se ocupa de lo que debe saber el soldado e ingeniero que se dedique a la fortificación, que es la geometría, la aritmética, las figuras y sus demostraciones, todo ello planteado para ser aplicado. Mediante grabados, va explicando cada una de las partes de una fortificación, con sus nombres, y hace un interesante resumen de lo que otros

FIG. 7 CRISTÓBAL DE ROJAS, *Teorica y practica de fortificacion, conforme las medidas y defensas destos tiempos*. Madrid, Luis Sánchez, 1598. Retrato de Cristóbal de Rojas.

tratadistas (Busca, Castriotto, Lanteri, Tetti, Cataneo…) han escrito, y de cómo ha evolucionado la arquitectura militar. Se ocupa de los instrumentos de medición, de los cortes de cantería para hacer arcos y bóvedas, de la manera de formar los escuadrones, de cómo debe ser una ciudad, de cómo se asedia una plaza fuerte… todo lo que un ingeniero debía saber se encontraba en estas lecciones, aunque no sea este el lugar para ocuparnos de ello[36].

En el retrato suyo que aparece en el tratado [FIG. 7] se nos muestra como el capitán ingeniero que era por fin, con el libro de geometría en una mano y el compás en la otra, un gesto sereno y una mirada inteligente, vestido de guerrero con armadura. Nos cuenta su edad, porque quiere ser una autobiografía, cuarenta y dos años, y nos informa también de para qué sirve su profesión: construir fortalezas, como la cuadrangular y la pentagonal que presenta, para dominar todo el orbe, ese globo del mundo que cierra la cartela en que se inscribe la figura de Rojas. Es sin duda el mejor retrato posible de un ingeniero del Renacimiento, que no es noble o caballero de una orden militar, es un ingeniero hecho a sí mismo, y así se muestra. El caso de Rojas resulta por ello especialmente interesante en el estudio de la evolución de las profesiones en el siglo XVI, porque es alguien que comienza en la cantería en el impresionante taller de estereotomía que fue la construcción del monasterio de El Escorial, adquiere experiencia de la guerra para ser ingeniero, y es encargado de impartir las lecciones de fortificación en la que pretendía ser la mejor academia científica de la época, un auténtico triunfador cuando publicó su tratado.

En la Academia estableció relaciones con otros personajes no menos interesantes para conocer el desarrollo de la ciencia aplicada en la España de su tiempo[37], como fueron Juan de Cedillo Díaz o Alonso Turrillo. El primero había leído matemáticas en Salamanca y en Toledo y, tras estudiar dos años fortificación con Rojas, hubo de pasar por el trabajo directo en las fortificaciones para tener experiencia[38]. El segundo le acompañó a Cádiz para ayudarle a tomar las medidas y plantas[39], y con los años acabaría trazando nada menos que el palacio para el duque de Uceda en Madrid[40], siendo recordado su modelo para ese palacio con admiración por Caramuel en su tratado[41]. Las fronteras entre las profesiones estaban todavía mal definidas, la de la arquitectura militar podía llevar al título de ingeniero del rey, lo que funcionó como un imán lo mismo para un maestro cantero como Rojas que para un matemático como Cedillo. Rojas siguió como ingeniero y Cedillo volvió a las matemáticas, siendo desde 1611 cosmógrafo mayor de Indias y catedrático de Matemáticas de su real Corte, sustituyendo a García de Céspedes, cargos que mantendrá hasta su muerte en 1625[42].

«SI TREINTA INGENIEROS SE JUNTAN NUNCA SE CONFORMAN»

La importancia estratégica de Cádiz desde la Antigüedad, por su posición geográfica en el límite de Europa –«de las tres partes del mundo es la raya, y término: puesta como coraçón de todo el orbe en su medio. Tiene delante de sí el Asia, a su mano derecha el África; a la izquierda la Europa, y a sus espaldas la América»[43]– aumentó cuando se convirtió en el baluarte de Sevilla, porque su fortificación guardaba no sólo una ciudad, sino una gran bahía que debían franquear los enemigos de la monarquía que pretendieran apoderarse de las riquezas que llegaban en las flotas de Indias. Esa imagen central con respecto al orbe la transmite también una imagen circular del año 1626 [FIG. 8]. Cuando el nuevo y poderoso enemigo inglés, asociado con los holandeses, asaltó puertos españoles del Atlántico y el Caribe, el saqueo de Cádiz en 1596 fue un episodio humillante para la poderosa monarquía hispánica. Por eso Cádiz necesitó de un ingeniero que residiera en ella permanentemente, y ese ingeniero fue Cristóbal de Rojas.

Llegó a una ciudad asolada, en la que no le pagaban, y nadie tenía dinero para prestarle ni un real[44]. Volvió a hacer una planta de la ciudad y bahía para su defensa, que llevó a la Corte para debatir sus propuestas con la traza delante[45]. Hizo todo ese informe y reconocimiento de la bahía a instancia de Pedro de Velasco, miembro del Consejo de Guerra del rey desde 1587[46], general del ejército en Andalucía, para quien lo que el rey iba a encomendar a Rojas era digno solo del casi mítico Gabrio Cervellón, «o de los más inteligentes hombres de esta materia», pero no de Cristóbal de Rojas, quien era «buen hombre», pero bastaba hablar con él de fortificación para saber que «en ciencia, y experiencia la poca que le a studiado, o comprehendido y en ahondar y desmenuçar la materia como debería para darse a conocer por Ingeniero», por lo que convenía encargarlo a otro. Velasco resume incluso la carrera de Rojas, que como maestro de cantería era bueno, «y assigurado desso, puso la mira en la arte de fortificación, que es bien diferente y desygual»[47], con lo que le está devolviendo a la condición de cantero, como si hubiera intentado traspasar unos límites para los que no estaba capacitado. En esas relaciones de poder Rojas no parece que se moviera mal, porque dejó a su detractor Velasco esperando en Carmona a que le llevara las trazas, mientras iba a la Corte directamente con ellas por

FIG. 8 *Ciudad y bahía de Cádiz*, 1626. Archivo General de Simancas, MP y D 06, 044.

orden del duque de Medina Sidonia. Lógicamente esto no gustó nada a Pedro de Velasco, pero no hubo otro ingeniero, y fue a Rojas a quien se encomendaron tanto las fortificaciones de Cádiz como las de Gibraltar.

No fue Velasco el único en expresar sus dudas sobre el ingeniero, pues no parece que su trabajo despertara especial admiración entre algunos militares famosos, como el príncipe Juan Andrea Doria, que pensaba que Rojas carecía de la práctica necesaria. En cambio, uno de sus protectores fue el obispo Antonio Zapata, hijo del primer conde de Barajas, quien tuvo una destacada intervención en la fortificación, y a lo largo de toda su vida demostró gran interés por la arquitectura. Zapata llegó a ser cardenal, virrey de Nápoles e Inquisidor General, pero su memoria nunca se perdió en Cádiz, y en 1610 Suárez de Salazar le dedicaría las *Grandezas y Antigüedades* de Cádiz.

1597 fue un año clave, en el que todos los implicados dieron sus informes. En el caso de Rojas los hizo también de Gibraltar y de Ceuta, donde uno de los baluartes recuerda la propuesta de Bretaña que recogió en su tratado. El Consejo de Guerra estudió las trazas de «El Fratín», Spannocchi y Rojas, tomando la decisión de seguir en lo fundamental la traza de Spannocchi, sobre todo en lo referente a la ciudadela o castillo en la puerta de tierra, un proyecto que habían aprobado en enero de 1592, eligiendo el diseño más grande de los propuestos por Spannocchi, porque, además de tener más capacidad, permitiría aprovechar los baluartes hechos por Calvi y los que había comenzado Juan Bautista Antonelli siguiendo el proyecto de Fratín[48]. Las palabras que abren este epígrafe fueron escritas precisamente por Rojas en un largo informe del año 1602 en el que cuestionaba el proyecto de ciudadela de Spannocchi, argumentando con ese principio aceptado por todos de que los ingenieros jamás estaban de acuerdo[49], sin duda para curarse en salud, pero también por declararse deudor de la advertencia oída al difunto Felipe II, en el sentido de que el ingeniero debía atender siempre a lo que más convenía a su servicio[50].

Ya en 1590 se había tenido que hacer cargo como maestro mayor del proyecto de Tiburzio Spannocchi, y fue testigo del problema que se planteó, que afectaba a uno de los principios básicos de la fortificación, como era que todo el circuito pudiera ser cubierto por las armas de fuego, y desde la casamata que había que hacer entre los baluartes de San Felipe y Santa Cruz, no se descubría el de San Felipe[51]. Juan de Acuña, capitán general de Artillería, concretó el problema en el hecho de que la traza que Spannocchi había dejado para esa zona del arenal, la que más defensa necesitaba, no se correspondía en sus medidas con el lugar, y era necesaria la presencia de Tiburzio para resolver la duda, al no estar bastante capacitado el maestro mayor Rojas[52]. El problema principal que Rojas veía era que la traza de Spannocchi, «muy buena en sí y digna de tener en mucho», no se podía encajar con la que ya existía, porque no coincidía la escarpa, y entre otros inconvenientes estaba la «fealdad» que resultaría, además de problemas de cimentación[53]. No nos detendremos en las cuestiones técnicas, tan solo queremos señalar dos cosas: la primera es que Rojas, aunque no se atreve a criticar directamente la traza de Spannocchi, tan famoso y estimado en la Corte, sí cuestiona su adecuación a lo ya existente, en lo que como maestro mayor se siente seguro; y la segunda, que términos como fealdad o belleza no fueron ajenos en ningún caso a la arquitectura militar.

Las disensiones se agudizaron cuando, siendo Rojas ya ingeniero, encargado de ejecutar la traza de Spannocchi después del ataque inglés, su cuestionamiento del proyecto

de ciudadela incomodó al Consejo de Guerra, y se decía que Rojas, molesto porque su parecer no se tuviera en cuenta, «a buscado nuevas formas y sitios queriendo hacer castillo formado en la caleta y que el de la puerta del muro se hiciese en el baluarte san Felipe». Las polémicas sobre cómo fortificar Cádiz fueron tan fuertes en ese año de 1597, que Andrés de Prada, secretario del Consejo de Guerra, había firmado la traza de Spannocchi «por acautelar que no se pudiese trocar ni alterar»[54]. Años antes había hecho lo mismo con la traza de Fratín el capitán general de Artillería Francés de Álava, así que podemos concluir que no era la primera vez que el Consejo de Guerra protegía así sus decisiones de los cambios a que se inclinaban los ingenieros, siempre convencidos de que eran mejores que los demás.

Spannocchi regresaría a Cádiz en 1603, pero Rojas no había cejado en su empeño y, como dijimos, en 1602 había explicado pormenorizadamente sus objeciones al proyecto de ciudadela. La comparaba con las de Amberes y Pamplona para concluir que, ni las medidas, ni la escarpa, ni la doble muralla que dificultaría la defensa por las escaleras interiores, ni el empleo de sillares en una tierra en la que se podía hacer buena mampostería, ni el foso abierto al mar que facilitaría el asalto con la marea baja, eran cuestiones admisibles. Son algunos de los aspectos que pone como ejemplo de mala fortificación en su tratado manuscrito de 1607, y que atribuye a un ingeniero «muy fantástico» que nunca había estado en la guerra, refiriéndose a Spannocchi[55]. Aunque le parecía muy bien que este fuese a la ciudad (de nuevo no se atreve a un choque frontal), consideraba imprescindible escuchar la opinión de los soldados viejos, que hablaban con la voz de la experiencia, porque «en líneas y papeles traçados… puede aver mucho engaño», pero un soldado viejo, estando sobre el terreno, no se engaña y, seguía argumentando, el mismo Vitruvio escribió que había que fabricar como lo hacían los maestros de cada lugar[56]. Resulta de interés tanto la cita de Vitruvio, que denota su formación en la arquitectura, como el hecho de que cuestione la validez con carácter absoluto de los dibujos, diciendo que pueden llevar a engaño. En esto hablaba su experiencia, y sin duda era un ataque directo a los proyectos de Spannocchi, probablemente uno de los mejores dibujantes que ha dado la profesión de ingeniero en el Renacimiento. El largo informe sobre la ciudadela lo acababa recordando al rey que él llevaba ya siete años trabajando en Cádiz, por lo que la conocía a fondo, habiendo medido todos los lugares, y se declaraba dispuesto a ir a la Corte «a declamar más por entero» su opinión[57].

El rencor contra Spannocchi, ese gran dibujante, no se le pasó, y lo llevó a la imprenta el año 1613, atacando ferozmente a los ingenieros llegados de lejanas tierras capaces de hacer «traças muy pulidas… agradables a la vista, y a la execución muy malas, como yo he visto algunas en España, y aun remediándolas después de hechas»[58]. Después de la documentación inédita que acabamos de ver, cabe poca duda de que se está refiriendo a ese gran dibujante que fue Spannocchi, cuyas trazas hubo de remediar en Cádiz. Buena venganza la de la imprenta, porque quizá eran más los incluidos en esa crítica, pero en 1613 algunos todavía identificarían al comendador Tiburzio Spannocchi con ese buen dibujante llegado de tierras lejanas.

Cristóbal de Rojas volvió a participar en una jornada militar cuando en 1599 embarcó junto con Juan Cedillo Díaz, ambos como ingenieros, en la Armada del Adelantado de Castilla Martín de Padilla, para reconocer Lisboa, Coruña y la isla Tercera durante cuatro

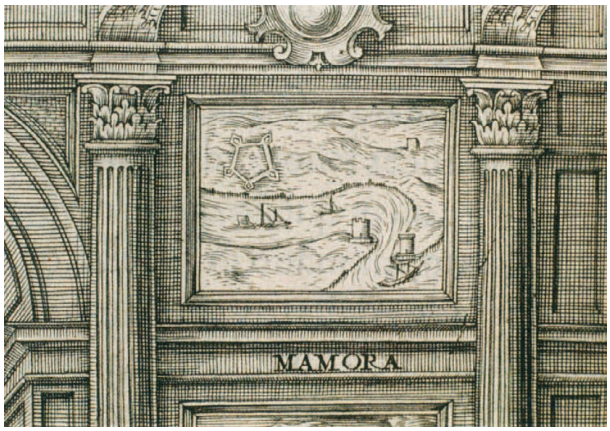


FIG. 9 JOÃO BATISTA LAVANHA, *Viage de la Catholica Real Magestad del Rei D. Filipe III N.S. al Reino de Portugal i relación del solene recebimiento que en el se le hizo.* Madrid, Thomas Junti, 1622. Plano de La Mámora.

meses, ante la creciente amenaza de la armada inglesa. Luego, tras años de penuria por falta de inversiones en las fortificaciones de Cádiz, que aprovecharía para hacer obras para el duque de Medina Sidonia en Sanlúcar[59], a Rojas le fueron encargadas nuevas empresas en África, siendo enviado en 1611 a Orán y Mazalquivir para ver de qué forma continuar las fortificaciones[60]. En 1614 fue enviado a La Mámora con la expedición que, al mando de su viejo conocido el capitán general Luis Fajardo, partió de Cádiz en 1614. La conquista de La Mámora era necesaria para asegurar tanto Larache como las costas españolas y su toma fue cantada por escritores, llegando en imagen, junto con Larache, hasta el arco triunfal de los italianos en la entrada en Lisboa de Felipe III en 1619 [FIG. 9], lo que demostraría la difusión de los dibujos de los ingenieros en el ámbito cortesano[61]. La empresa le costó a Rojas la vida, porque enfermó en La Mámora, y aunque Luis Fajardo le envió de regreso a Cádiz, murió tan solo una hora después de haber llegado a su casa[62].

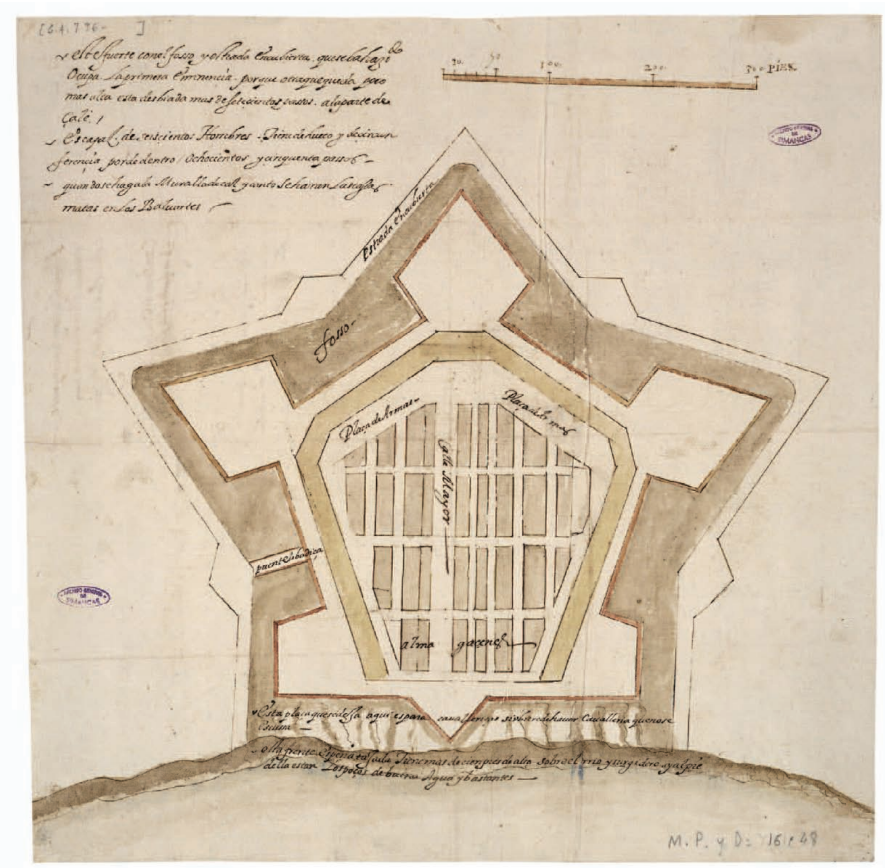


FIG. 10 *Proyecto de fortificación para La Mámora,* 1614. Archivo General de Simancas, MP y D 16, 048.

FIG. 11 *Río de La Mámora*, 1614. Archivo General de Simancas, MP y D 05, 131.

Y de nuevo nos lo encontramos, en ese año de su muerte, relegado ante la admiración que despertaban otro tipo de ingenieros, porque aunque la traza de la fortaleza enviada con la carta de don Luis Fajardo pueda ser de Rojas, así como el dibujo del territorio que representa el río de La Mámora [FIGS. 10 y 11], se envió al ingeniero Juan de Medicis[63], y la razón debió dolerle, porque, según el Consejo de Guerra, «aunque se halle allí el ingeniero Cristóbal de Rojas, que tiene su entretenimiento en Cádiz, es menester persona de más porte e inteligencia de aquella facultad»[64]. Sin embargo, una vez más no era todo tan claro como parecía, porque finalmente no se hizo una fortificación tan grande como algunos querían, sino más ajustada a la propuesta de Rojas[65]. Una polémica más en la que Rojas reivindicaría la experiencia, como lo había hecho en el tratado de 1613, porque la experiencia era «principio y madre de las sciencias, ingenios y artes mecánicas y liberales de los hombres»[66].

OTRAS ARQUITECTURAS

Además de las fortificaciones, su oficio de cantero le llevó a optar a la obra del puente de Zuazo [FIG. 12] cuando murió el ingeniero veneciano Juan Marín, que se había hecho cargo de las obras del puente entre 1574 y 1590[67]. Sin embargo se nombró al vizcaíno Miguel de

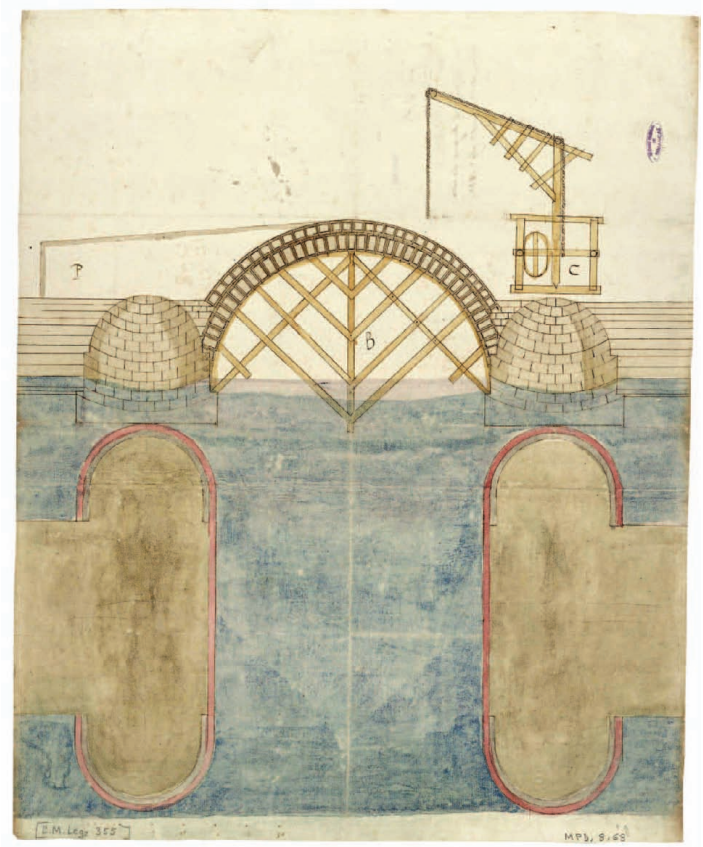


FIG. 12 *Puente Zuazo,* 1592. Archivo General de Simancas, MP y D 08, 068.

Arteaga, pese a que Cristóbal de Rojas pidió solo que se le aumentara el sueldo que tenía en la fábrica de las fortificaciones, porque en el puente siempre habían trabajado «maestros muy suficientes en el arte de cantería»[68], como lo era él mismo. Eso fue antes de partir para Bretaña, pero años después, en 1602, y aunque tenía ya el título de ingeniero, fue uno de los maestros canteros consultados por el duque de Medina Sidonia sobre la mejor manera de cerrar el arco principal[69]. Este puente fue objeto de muchos debates acerca de la cimentación, los arcos que debía tener, la forma del arco central, y un sinfín de circunstancias de su construcción que proporcionan mucha información sobre la construcción de puentes en el Renacimiento.

En el tratado manuscrito de 1607 Rojas escribió que echando piedras para cimentar se habían hecho el fuerte de Cabeza Seca, el puente de Zuazo en Cádiz y el muelle de Málaga, y que el echar piedras, «me atreveré a decir que lo mismo hiciera uno que naciera en Indias donde no saben fabricar, porque semejante fabricar no es cosa ni de arte ni nueva». Él proponía algo nuevo, que era «clavar las piedras con las estacas con mucho concierto y trabadas»[70]. Eso es lo que quiso hacer en los fuertes del Puntal y Matagorda, para cuyas estacas de cimentación en las que colocar la cantería, en 1608 ya se habían cortado un millar de pinos. Sin embargo, en 1612 Rojas escribía que en el fuerte del Puntal, al ser el suelo arenoso y no poder hincarse estacas, se iban a echar carretas de cantos para cimentarlo, siguiendo lo que decían Vitruvio, Palladio y otros, que era como se había hecho el puente de Zuazo, el muelle de Málaga y otros muelles, contradiciéndose a sí mismo. En ese mismo año fue a Jerez a resolver la canalización del Guadalete, y ahí sí que pudo proponer la utilización de estacas para formar cajas que se rellenarían de cascotes, para variar el curso del río[71]. Así pues, una vez más, en el trabajo de los ingenieros comprobamos tanto el valor de la experiencia, como la prudencia con la que nosotros hemos de leer los tratados, en los que se pretende codificar cuestiones continuamente revisadas en la práctica. Una vez visto todo con el maestro Alonso de Vandelvira, habían llegado a la conclusión de que la construcción de cada fuerte llevaría cuatro años de obras continuas, ocho en total, y doscientos mil ducados[72], lo que les parecía un despropósito.

FIG. 13 CRISTÓBAL DE ROJAS, *Diseño de tres torres para construir en la costa de Andalucía*, 1613. Archivo General de Simancas, MP y D 36, 017.

Las buenas relaciones dee Rojas con Vandelvira[73], maestro mayor de las fortificaciones de Cádiz, se explican, entre otras razones puramente profesionales, por la vinculación de ambos con el duque de Medina Sidonia, para quien Vandelvira acabó la iglesia de la Caridad en Sanlúcar de Barrameda, lugar de enterramiento del duque don Alonso cuando murió en 1615, siendo Vandelvira «el Arquitecto de su casa»[74]. La vocación militar de don Alonso, VII duque de Medina Sidonia, capitán del Mar Océano y Costas de Andalucía, se puso de manifiesto en su entierro, cuando en el cortejo fúnebre participaron nada menos que entre 500 y 600 soldados[75]. Por otra parte, los duques utilizaron siempre a los ingenieros enviados a esa costa para fortificarla, como fue el caso, años antes que Rojas, de Juan Pedro Livadote, que visitó la costa con Luis Bravo de Laguna en 1578, haciendo una pintura de toda ella, y a quien años más tarde encontramos como maestro de cantería en las obras reales de la villa de Madrid. Livadote hizo entre 1572 y 1575 la galería del palacio de los duques en Sanlúcar, considerada el elemento más definitorio del nuevo arte italiano incorporado a la imagen del palacio, además de dar trazas para el convento de monjas dominicas de Madre de Dios[76].

Entre otros proyectos de Cristóbal de Rojas, cabe citar la propuesta de torre para la punta de San Sebastián y torres de la costa de Andalucía en 1613 [FIG. 13], y el muelle de Gibraltar, una parte del cual se había venido abajo en 1605. Informó entonces, y lo hizo de nuevo en 1608, tanto del muelle viejo como del nuevo, viajando a Gibraltar y Tarifa en compañía de Alonso de Vandelvira. Y sin embargo, de nuevo se encontró con supervisores mejor considerados, que en este caso fueron Spannocchi en 1606, y Jerónimo de Soto y Bautista Antonelli en 1608[77] [FIGS. 14 y 15].

Especial interés reviste el que como arquitecto Rojas se ocupara también, aunque fuera tangencialmente, de la reconstrucción de la catedral de Cádiz, que había sido prácticamente destruida por los ingleses en 1596[78], huyendo los canónigos a Medina Sidonia, a donde el duque intentó que la catedral se trasladara definitivamente, pero Felipe II ordenó que todos volvieran a Cádiz[79] y mandó que se hiciera en el mismo lugar (en 1595 había habido un proyecto para trasladarla más hacia el interior de la trama urbana), «porque fuese parte de muro y fortaleza para resistir los envates del mar del sur y porque no quedase por memoria del oprobio que en aquel tiempo hicieron los he-

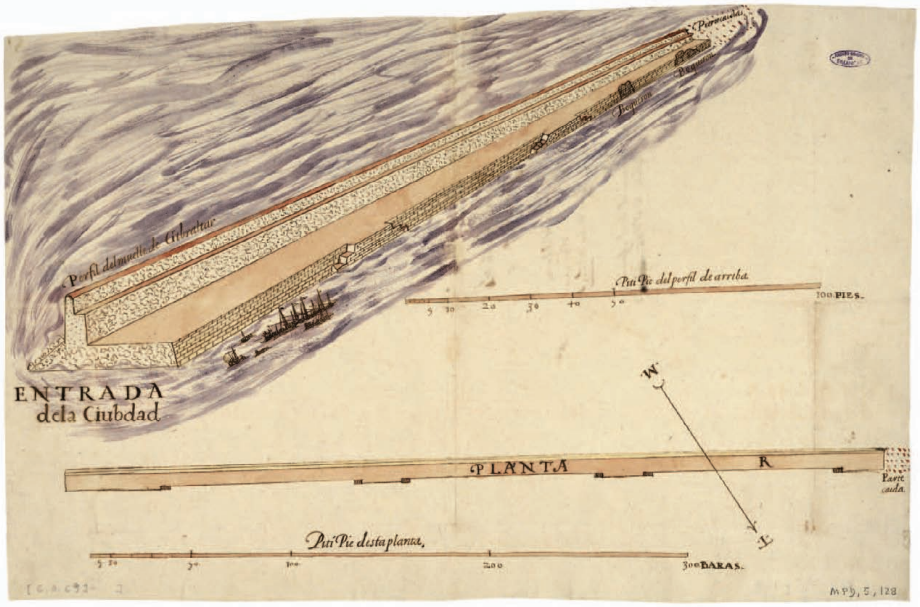


FIG. 14 *Planta y perfil del muelle de Gibraltar,* 1605. Archivo General de Simancas, MP y D 05, 128.

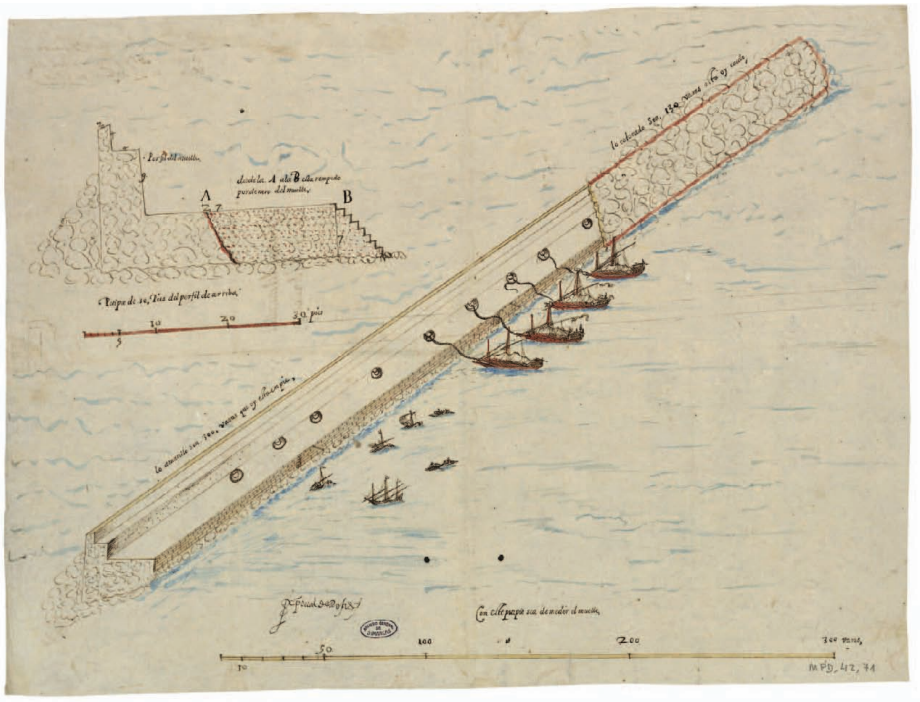


FIG. 15 CRISTÓBAL DE ROJAS, *Planta y perfil del muelle de Gibraltar*, 1608. Archivo General de Simancas, MP y D 42, 071.

rejes». Para su reconstrucción fue visitada por Ginés Martínez de Aranda, maestro mayor del obispado, y Cristóbal de Rojas hizo los modelos y planos según Antón Solé[80]. En realidad, la documentación dice que fue Martínez de Aranda quien la reconstruyó, prácticamente igual a la que existía antes del asalto, porque no se había destruido por completo. Además, no hay que olvidar que Ginés Martínez de Aranda fue el arquitecto de don Maximiliano de Austria, nombrado obispo de Cádiz en 1597, a quien seguirá más tarde a Santiago de Compostela, siendo otro de esos profesionales de la construcción que se ligan a un poderoso o a su linaje, como Vandelvira lo consiguió con el duque de Medina Sidonia. La obra de cantería de la catedral se ha puesto en relación tanto con el tratado de Ginés Martínez de Aranda como con la fábrica de El Escorial, y un

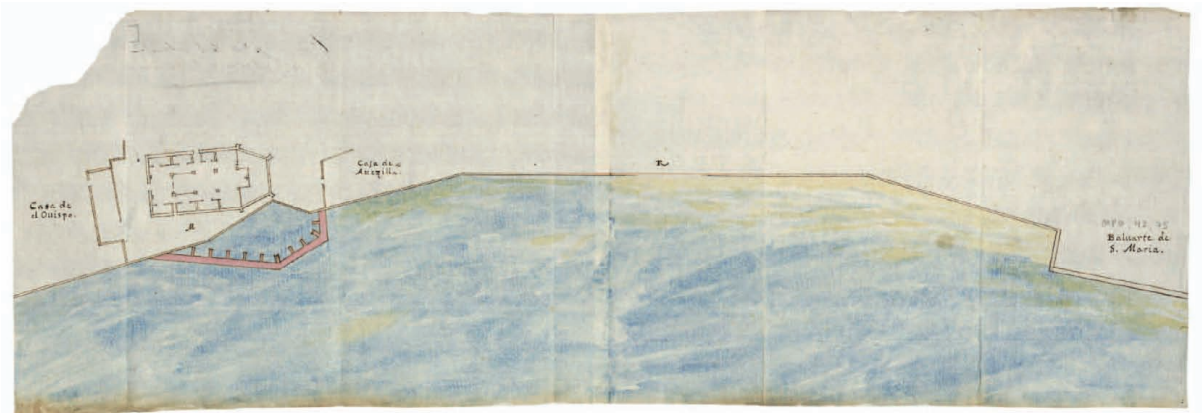


FIG. 16 JUAN DE CEDILLO, *Proyecto para la catedral de Cádiz*. Archivo General de Simancas, MP y D 42, 075.

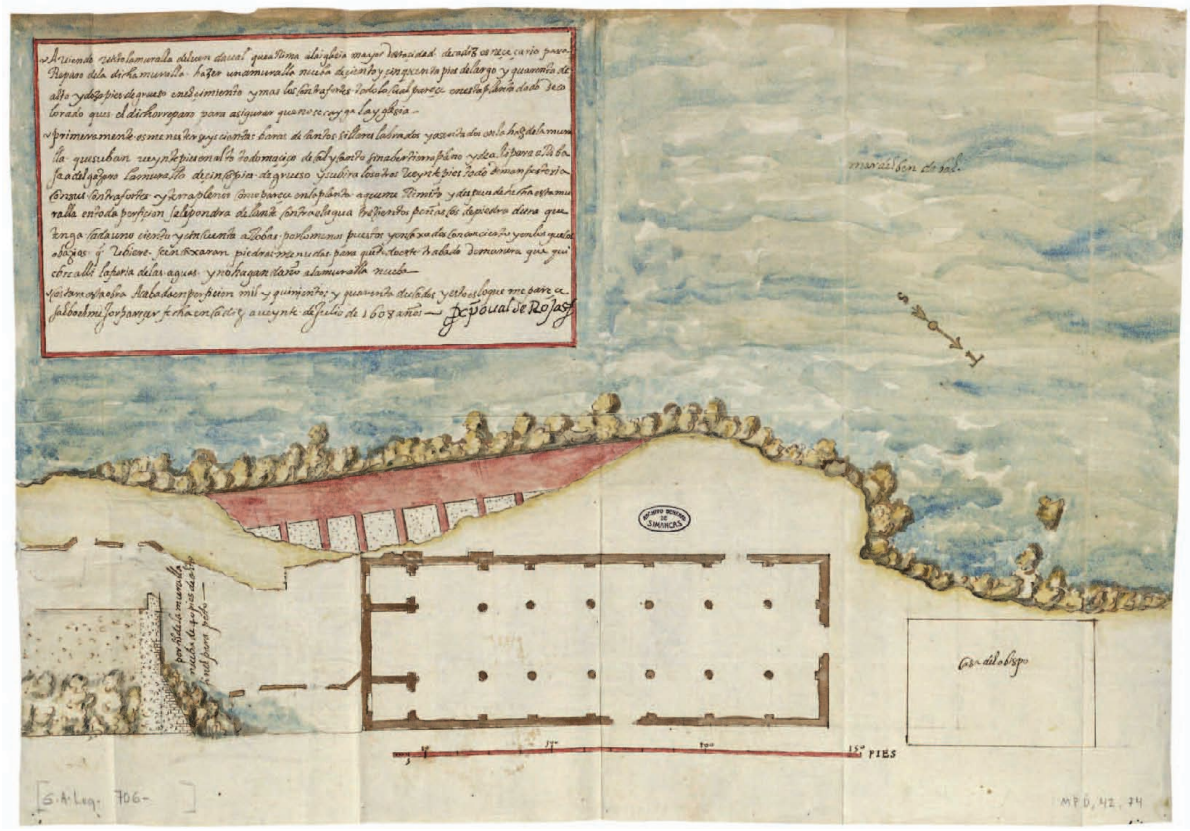


FIG. 17 CRISTÓBAL DE ROJAS, *Planta del reparo de la iglesia mayor de Cádiz*, 1608. Archivo General de Simancas, MP y D 42, 074.

posible nexo fue Cristóbal de Rojas[81]. Una vez reedificada, se temía su ruina, como había sucedido con las casas episcopales, que estaban al lado, por batir la mar tan fuerte en la muralla del vendaval, «pues cuando el mar anda furioso le hieren las olas de manera que a cada una tiembla, y estremece todo el edificio»[82]. En 1603 Spannocchi había propuesto avanzar sobre el mar una plataforma, idea que se retoma en 1608, haciendo un terraplén y muro que saliera un poco a la mar para protegerla, y que serviría también de baluarte. Para ello el duque de Medina Sidonia envió al doctor Cedillo, «ingeniero que lo vio, tanteó e hizo planta de ello». Cristóbal de Rojas hizo otra planta y el rey tenía que decidir cuanto antes cuál de ellas seguir [FIGS. 16 y 17][83].

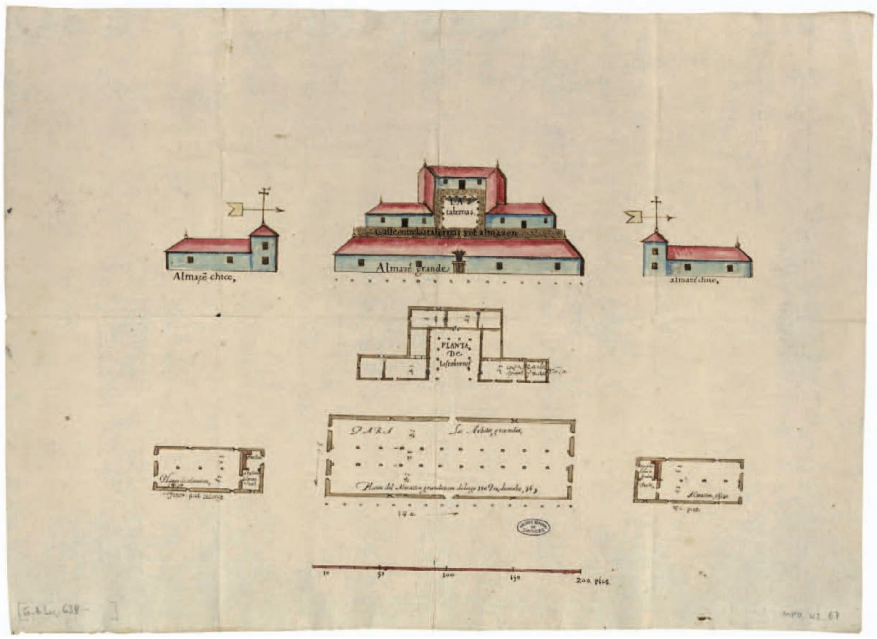


FIG. 18 CRISTÓBAL DE ROJAS, *Proyecto de almacenes y tabernas para el Puntal de la Ballena*, 1604. Archivo General de Simancas, MP y D 42, 067.

Eran necesarios también almacenes nuevos [FIG. 18], que se proyectaron por traza de Cristóbal de Rojas en 1604, aunque la orden de reconocer el terreno y hacer las plantas por parte del duque incluyera también al licenciado Cedillo. Se proyectaron cerca del Puntal de la Ballena, el mejor sitio, según el duque de Medina Sidonia, después de que los pilotos fondearan la bahía, porque era lugar abrigado, cerca del río en una parte muy honda, con pozos de agua dulce. Allí proyectaría Rojas dos almacenes pequeños y uno grande, con un edificio para tabernas y bodegones. Una vez cimentados, el armazón sería de madera de pino del condado, las paredes de piedra y cal, y las esquinas, portadas y ventanas de cantería labrada. Las rejas serían de hierro. Al ser un sitio con mucho viento, no eran convenientes «muchas arquitecturas de miradores ni galanterías sino obra fuerte y de menos costa»[84], frase que compendia perfectamente las características de la arquitectura de los ingenieros en los siglos XVI a XVIII, fuertes y sin «galanterías», siempre adaptadas a una realidad que busca la utilidad antes que el ornato. En lugar de muchos vientos como Cádiz no cabían galanterías, bastaba con que las esquinas, las ventanas y las puertas fueran de buena cantería. Una vez más Rojas se muestra como un excelente constructor, aunque no llegara a ser magnífico como pintor. No fue malo como dibujante, pero tampoco debió destacar en la creación de perspectivas escenográficas como las que hacían los pintores o un ingeniero como Spannocchi. Para confirmarlo, se puede comparar cualquiera de las vistas urbanas de Spannocchi con la vista del puerto de Santa María hecha por Rojas [FIG. 19], en la que el caserío y algunos de los edificios más parecen sacados de tratados que de la realidad, e incluso pinta en primer plano unas figuras al modo de las que se encuentran por doquier en el *Civitates Orbis Terrarum*, sin duda deseoso de mostrarse a la altura de lo que estaba siendo la representación de la ciudad en el Renacimiento.

Para finalizar, fijemos la mirada de nuevo en alguien que triunfó con 42 años: tratado, retrato, capitán, ingeniero del rey, profesor en la Academia de Matemáticas…, pero que unos diez años después no tenía ni un real para unos zapatos ni nadie que le fiara[85]. Sin embargo, todos sus periodos de menor actividad los aprovechó para escribir tratados. Así,

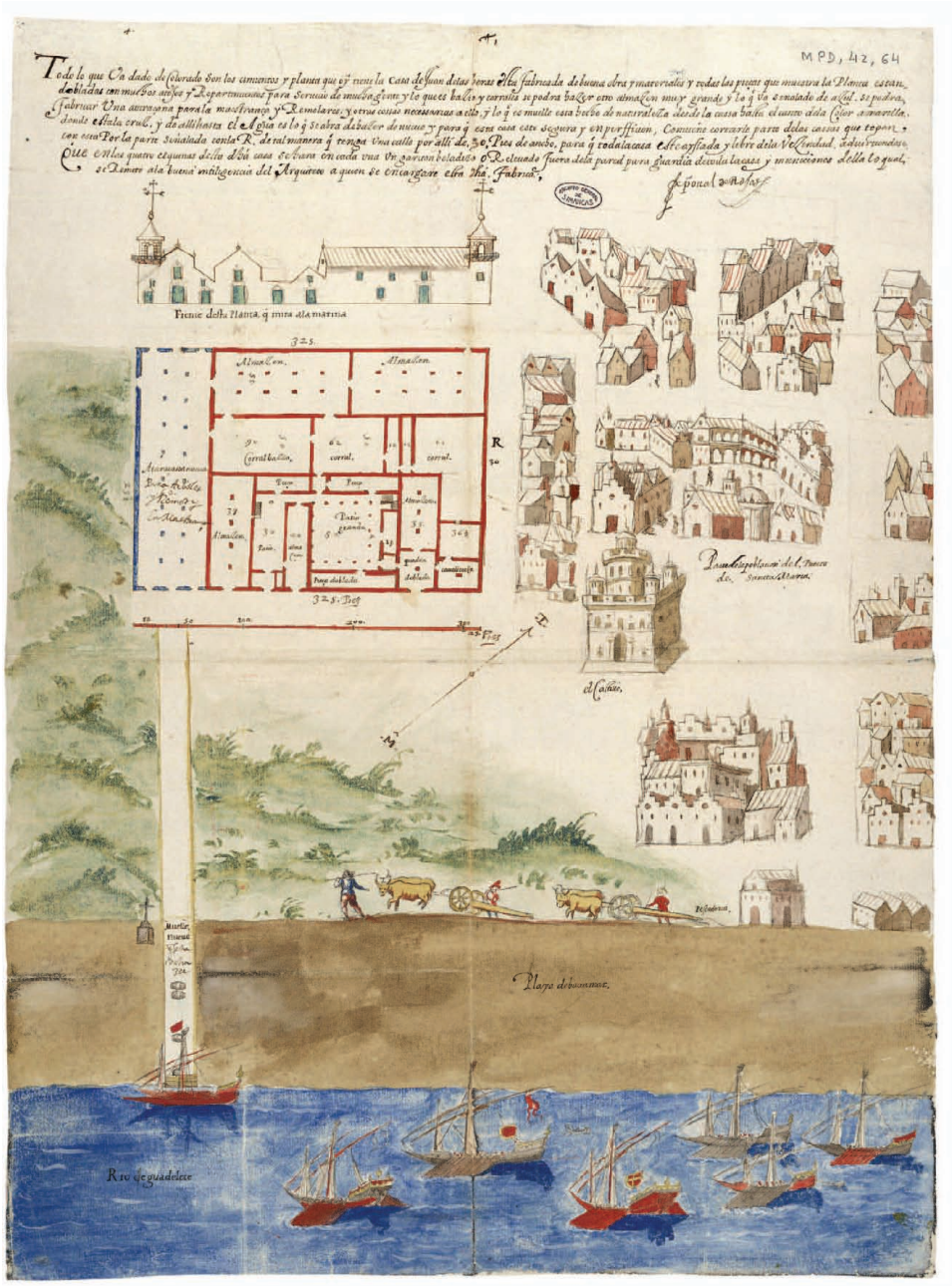


FIG. 19 CRISTÓBAL DE ROJAS, *Casa de Juan de las Heras en el Puerto de Santa María*, 1603. Archivo General de Simancas, MP y D 42, 064.

es el ingeniero de quien más tratados tenemos en la España de la época, y poseemos incluso su retrato, lo que podemos decir de muy pocos. Seguir su trayectoria nos ha enseñado bastantes matices respecto a los cargos en la construcción de las fábricas, y no solo en las fortificaciones, sobre cómo se podía acceder a la profesión de ingeniero en el Renacimiento, pero también de cómo los ingenieros (y no solo ellos) vincularon sus encargos y sus triunfos a unos protectores que fueron esenciales para su carrera. Comenzó como cantero, pero en 1608 Rojas escribía con orgullo que la consideración en que le tenían el rey y el duque de Lerma era tanta que, cuando era llamado por el Consejo de Guerra para cuestiones referentes a las fortificaciones, le mandaban cubrir y ponerse el sombrero. Le hubiera gustado saber que en 1672 se le recordaba entre los tratadistas españoles de disciplina militar junto con Luis Collado, Cristóbal Lechuga y Julio César Firrufino[86], algunos de los cuales han sido estudiados también en estas lecciones de historia de la ingeniería.

NOTAS

* Este trabajo forma parte del proyecto de I+D+i *El dibujante ingeniero al servicio de la monarquía hispánica. Siglos XVI-XVIII (DIMH)*, HAR2012-31117, Ministerio de Economía y Competitividad (España).

1. C. DE ROJAS: *Teorica y práctica de fortificación, conforme las medidas y defensas destos tiempos*. Madrid, Luis Sánchez, 1598, en C. DE ROJAS: *Tres tratados sobre fortificación y milicia*. Madrid, CEDEX-CEHOPU, 1985, p. 25. Para vencer las dificultades que se le iban a presentar en la publicación de sus lecciones de la Academia, además del apoyo de Juan de Herrera, confiaba en que le ayudaría «el Comendador Triburcio Espanochi, criado del Rey nuestro señor, y por su raro ingenio muy estimado de su Magestad, y de toda la nación española, el qual estaba en esta Corte, y alguna vez con su presencia me honró, leyendo yo esta materia, en la qual puede el ser maestro a los muy cursados en ella».
2. C. DE ROJAS: *Sumario de la milicia antigua y moderna* (Ms. 1607). En C. DE ROJAS: *Tres tratados..., op. cit.*, p. 332.
3. C. DE ROJAS: *Compendio y breve resolucion de fortificacion, conforme a los tiempos presentes*. Madrid, Juan de Herrera, 1613. En C. DE ROJAS: *Tres tratados..., op. cit.*, , p. 269.
4. INSTITUTO DE HISTORIA Y CULTURA MILITAR (IHCM), *Colección Aparici*, Tomo VI. Documentación sobre Spannocchi, Memorial de Spannocchi del año 1589.
5. ARCHIVO GENERAL DE SIMANCAS (AGS), Guerra y Marina, leg. 578, f. 232. Entre sus muchos méritos al servicio del rey cuando en 1601 le fue concedido por fin el título de Ingeniero Mayor de los Reinos de España, Spannocchi alegaba que, entre las personas que había introducido en la profesión, «introduxo al Capitán Rojas por maestre mayor en lo de Cádiz».
6. J. CALVO LÓPEZ: «Los trazados de cantería en la *Teórica y práctica de fortificación* de Cristóbal de Rojas», en F. BORES y OTROS (eds.): *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid, Universidad de A Coruña-CEHOPU, 1998, pp. 67-75.
7. AGS, Guerra y Marina, leg. 623, f. 146. En un informe sobre las fortificaciones de Cádiz, justifica sus opiniones con «la experiencia que tengo de quarenta años a esta parte en hazer fábricas como por aver salido de España a ber las cosas de la guerra y entender en ella el modo y traça que se tiene en meter las trincheras a una plaza y otras cosas anejas a ello…». 28 de diciembre de 1602.
8. AGS, Guerra y Marina, leg. 570, f. 149, y leg. 578, f. 232. Tiburzio Spannocchi, que llegó a España cuando ya se estaba acabando la fábrica de El Escorial, se enorgullecía de haber introducido en la profesión de ingeniero a Cristóbal de Rojas, Leonardo Turriano, Próspero Casola y Gaspar Ruiz, además de Jerónimo de Soto, que llevaba a su lado desde 1585, según el memorial de 1600. Sin embargo, Gaspar Ruiz decía que con quien se había formado era con fray Juan Vicencio Casale en Portugal.
9. En realidad, aunque Gaspar Ruiz dice en un memorial que era maestro de cantería y albañilería en la fábrica del monasterio, en la documentación aparece como maestro de albañilería, y su padre Antón como aparejador de albañilería. El memorial en AGS, Guerra y Marina, leg. 574, f. 163. Documentación publicada por A. BUSTAMANTE: *La octava maravilla del mundo (estudio histórico sobre El Escorial de Felipe II)*. Madrid, Editorial Alpuerto, 1994, pp. 425, 428, 429, 584, 679.
10. AGS, Guerra y Marina, leg. 574, f. 163, y leg. 599, ff. 66, 69, 70. Con ocasión de la feroz polémica por la traza de Cabeza Seca entre Spannocchi y Leonardo Turriano, Cristóbal de Moura decía que él había conocido al padre de Gaspar Ruiz, que había sido aparejador en San Lorenzo del Escorial, hombre de toda confianza del rey, que había tenido las llaves de la casa del Campillo «y de todas las demás que allí teníamos». El hijo, del mismo nombre, no le parece «muy peritu en el arte, mas crio esta fábrica y mamó la leche de aquel buen Frayle, que fue persona de importancia» (se refiere a Casale), por lo que considera que puede seguir ocupándose de la fábrica de Cabeza Seca. Sobre esta polémica de Spannocchi con Leonardo Turriano en la que tanto intervino Gaspar Ruiz, A. CÁMARA MUÑOZ: «Leonardo Turriano al servicio de la Corona de Castilla», en A. CÁMARA (ed.): *Leonardo Turriano, ingeniero del rey*. Madrid, Fundación Juanelo Turriano, 2010, p. 112.
11. E. DE MARIÁTEGUI: *El Capitán Cristóbal de Rojas, Ingeniero Militar del Siglo XVI* (Madrid, 1880). Madrid, CEDEX-CEHOPU, 1985, p. 16.
12. E. DE MARIÁTEGUI: *op. cit.*, p. 17, y AGS, Guerra y Marina, leg. 262, f. 86. La solicitud es de 25 de febrero de 1589, el informe de don Juan de Acuña fue de 8 de marzo, y la resolución del Consejo, de 28 de marzo, poco más de un mes después de la solicitud.
13. AGS, Guerra y Marina, leg. 262, f. 86. Consulta del Consejo de Guerra de 28 de marzo de 1589.
14. E. DE MARIÁTEGUI: *op. cit.*, p. 129.
15. J. CALVO LÓPEZ: *op. cit.*, 1998. Sobre la cantería en la España de la época, ver J. C. PALACIOS: *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*. Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1990; la tesis doctoral de J. CALVO LÓPEZ: *El manuscrito «Cerramientos y trazas de montea» de Ginés Martínez de Aranda*. Madrid, ETSAM, Universidad Politécnica de Madrid, 1999; y J. CALVO LÓPEZ y M. A. ALONSO-RODRÍGUEZ: «Perspective versus Stereotomy: From Quattrocento Plyhedral Rings yo Sixtennth-Century Spanish Torus Vaults», *Nexus Network Journal,* vol. 12, nº 1, 2010, pp. 75-111.
16. C. DE ROJAS: *Compendio y breve resolucion..., op. cit.*, pp. 268, 270.
17. AGS, Guerra y Marina, leg. 599, f. 212. Francisco de Armentia iba a ganar 25 ducados al mes, que era lo que ganaba Rojas cuando partió a Bretaña.
18. AGS, Guerra y Marina, leg. 321, s. f.
19. AGS, Guerra y Marina, leg. 691, f. 269.
20. E. DE MARIÁTEGUI: *op. cit.*, pp. 24 y 29.
21. L. SALAS ALMELA: *Medina Sidonia: el poder de la aristocracia, 1580-1670*. Madrid, Marcial Pons, 2009.
22. IHCM, *Colección Aparici*, leg. 777 de la sección Mar y Tierra.
23. L. CABRERA DE CÓRDOBA: *Historia de Felipe II, rey de España*. Ed. de J. MARTÍNEZ MILLÁN y C. J. DE CARLOS MORALES, Salamanca, Junta de Castilla y León, 1998, vol. III, p. 1.348.

24. S. TAKAYANAGUI: «Actividades de Cristóbal de Rojas en la expedición a Bretaña (Francia). Fortificación durante el periodo de la intervención militar de Felipe II en la guerra civil de Francia. Construcción del fuerte de Blavet y del León». *Castillos de España,* revista de la Asociación Española de Amigos de los Castillos, nº 144, 2006, pp. 31-43.
25. AGS, Guerra y Marina, leg. 355, f. 116. Cristóbal de Rojas desde Blavet el 13 de agosto de 1592.
26. A. CÁMARA MUÑOZ: «La búsqueda de una profesión. Giulio Lasso en Bretaña». Preámbulo al libro de M. S. DI FEDE y F. SCADUTO: *I Quattro Canti di Palermo. Retorica e rappresentazione nella Sicilia del seicento*. Palermo, Edizioni Caracol, 2011, pp. 9-26.
27. Los debates sobre la conveniencia de baluartes vacíos o terraplenados llegará a la tratadística del siglo XVII. Referencias a ello en A. CÁMARA MUÑOZ: «La fortificación: el imperio de la geometría», en H. O'DONNELL (dir.) y L. RIBOT (coord.): *Historia Militar de España. Edad Moderna, II. Escenario Europeo*. Madrid, Comisión Española de Historia Militar-Real Academia de la Historia, Ministerio de Defensa, 2013, pp. 341-371, cit. en p. 346.
28. E. DE MARIÁTEGUI: *op. cit.*, pp. 131 y 132.
29. C. DE ROJAS, 1598, *op. cit.*, p. 126.
30. AGS, Guerra y Marina, leg. 419, f. 319, y leg. 438, f. 271 y 272. La primera solicitud que conocemos es de mayo de 1594, y hasta octubre de 1595 no lo consiguió. El permiso de Juan del Águila durante tres meses era también para que se ocupara de remediar la necesidad en la que se encontraban su mujer e hijos. Para conseguir que fuera al menos «*ad honoris*» presentó también la patente de capitán que le había dado Juan del Águila (leg. 477, f. 216).
31. E. DE MARIÁTEGUI: *op. cit.*, p. 34, y AGS, Guerra y Marina, leg. 535, f. 295. Memorial de Cristóbal de Rojas de 24 de enero de 1598, pidiendo ayuda de costa por los viajes ya realizados.
32. AGS, Registro del Consejo, Libro 73 y 111, cédula de 4 de agosto de 1613, concediéndole sueldo como capitán ordinario de Infantería.
33. AGS, Guerra y Marina, leg. 520, f. 111, leg. 535, ff. 294, 295 y 296.
34. Sobre su propuesta de fuerte de Santa Catalina en su tratado de 1598, ver C. DE ROJAS: *op. cit.*, p. 122. AGS, Guerra y Marina, leg. 518, f. 25. Cristóbal de Rojas había empezado a fortificar la ciudad construyendo ese fuerte, y la ciudad decía que eso se llevaría la mayor parte del dinero de la fortificación, por lo que debía ser lo último en construirse. Cartas de la ciudad de Cádiz de agosto de 1598.
35. C. DE ROJAS, prólogo al tratado de 1598, *op. cit.*, p. 25.
36. Sobre este tratado en relación con la evolución que había tenido la fortificación a lo largo del siglo XVI, ver F. COBOS-GUERRA: «La formulación de los principios de la fortificación abaluartada en el siglo XVI. De la *Apología* de Escrivá (1538) al *Tratado* de Rojas (1598)», en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e ingeniería en España. El Renacimiento*. Zaragoza, Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico, 2004, pp. 401-438.
37. Sobre este tema sigue siendo fundamental el libro de I. VICENTE MAROTO y M. ESTEBAN PIÑEIRO: *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del Siglo de Oro*. Salamanca, Junta de Castilla y León, 1991. Ver también, sobre la Academia de Matemáticas, una buena síntesis en M. ESTEBAN PIÑEIRO: «Instituciones para la formación de los técnicos», en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *op. cit.*, pp. 165-202.
38. IHCM, *Colección Aparici*, tomo VI, pp. 276, 280 y 283. En 1601 alegaba que hacía más de 28 años «que profesa las ciencias matemáticas habiéndolas leído en Salamanca, y en Toledo… y casi tres que sirve a Vuestra Magestad de entretenido en la fortificación de Cádiz y Gibraltar». De esto se deduce que pudo ser maestro de matemáticas de Rojas en Toledo, en caso de que Rojas naciera en esa ciudad, porque estaríamos yéndonos a 1573, cuando Rojas tendría 18 años. Por otra parte, explica en 1598 que «habrá dos años que a estudiado en fortificación con el capitán Rojas y desea servir a Vuestra Magestad en el ministerio della y para poderlo hacer bien tiene necesidad de ejercitarse en la práctica», por lo que pide una plaza de sobrestante en Cádiz. Esa plaza se le denegó, pero sí se le dio la de entretenimiento con 20 escudos. Se ofrece a leer una lección de matemáticas los días de fiesta a los soldados «y gente que acudiere».
39. AGS, Guerra y Marina, leg. 504, f. 52. 1 de junio de 1597. Turrillo dice que había estudiado durante tres años el oficio de ingeniero, y que desde hacía un año trabajaba con Rojas. Se puede pensar que la relación entre ambos se estableció en la Academia de Matemáticas.
40. V. TOVAR MARTÍN: «El palacio del duque de Uceda en Madrid, edificio capital del siglo XVII». *Reales Sitios*, revista de Patrimonio Nacional, nº 64, 1980.
41. Citado por B. BLASCO ESQUIVIAS: *Arquitectos y tracistas. El triunfo del Barroco en la corte de los Austrias*. Madrid, CEEH, Centro de Estudios Europa Hispánica, 2013, p. 370.
42. I. VICENTE MAROTO y M. ESTEBAN PIÑEIRO: *op. cit.*, pp. 236-238.
43. J. B. SUÁREZ DE SALAZAR: *Grandezas y Antigüedades de la isla y ciudad de Cádiz, en que se escriben muchas ceremonias que usava la Gentilidad, Varias costumbres antiguas, Ritos funerales con monedas, estatuas, piedras, y sepulcros antiguos: ilustrado de varia erudición, y todas buenas letras. Por Ioan Baptista Suarez de Salazar Racionero de la Santa Iglesia de Cádiz. Dirigido al illustrissimo Cardenal don Antonio Çapata*. Cádiz, Clemente Hidalgo, 1610, p. 6.
44. AGS, Guerra y Marina, leg. 502, f. 123. Cristóbal de Rojas el 1 de septiembre de 1597 a Andrés de Prada.
45. AGS, Guerra y Marina, leg. 457, f. 484. El 7 de julio de 1596 informa Rojas de que, después de reconocerlo todo y hacer lo más urgente para la defensa, irá a la Corte «con la planta dello llevando juntamente bien rreconoçidos los puestos del puerto y baia para hacer algunos fuertes o fortificación notable de suerte que no suceda otra vez lo pasado», refiriéndose sin duda a los problemas anteriores con la traza de Spannocchi. En septiembre de ese año, el duque de Medina Sidonia informa de su partida a la Corte con la traza (Idem, leg. 459, f. 146).
46. AGS, Guerra y Marina, leg. 499, ff. 21, 22. Orden dada en San Lorenzo el 17 de septiembre de 1596. Que Pedro de Velasco «llame luego a Cristobal de Rojas a donde quiera que se hallare, y le ordene que vuelva a Cádiz». Quizá lo más interesante de esta orden es que debe reconocer toda la bahía y sus lugares, estudiando el alcance de las armas de artillería de las nuevas fortificaciones, por si en algún lugar podía permanecer el enemigo a salvo.
47. AGS, Guerra y Marina, leg. 459, f. 369. Pedro de Velasco al rey, 30 de septiembre de 1596. «Saqué de Cádiz al dho Ingeniero, para que viniese reconoçiendo la Vaya, distancia de costa hasta entrar en la Barra de Sanlucar, y la misma Barra, sitio de

aquella ciudad, y lo demás del río hasta Sevilla como lo hizo, y de todo le ordené hiziese una planta, para poder yo llevar conmigo» cuando fuera a ver al rey. Para ello, había adelantado al ingeniero quinientos reales de su sueldo. Rojas le iba a llevar la planta a Carmona, pero le esperó en vano muchos días, y se queja de que el duque de Medina Sidonia hubiera dado licencia al ingeniero para ir a la Corte a presentar la traza de la fortificación de Cádiz, sin tener en cuenta lo que él había acordado con el ingeniero.

48. AGS, Guerra y Marina, leg. 337, f. 47, y leg. 497, f. 2. El Consejo de Guerra ordena con detalle qué obras se deben hacer y cómo debe organizar el trabajo y los distintos oficios el ingeniero Rojas. 31 de mayo de 1597.
49. Son muy numerosos los testimonios tanto manuscritos como impresos de ese problema de que los ingenieros jamás aprobaran lo proyectado por otros en las fortificaciones. Se puede ver al respecto M. VIGANÒ, «… *como los Médicos, que siempre discordan*. Giovan Battista Antonelli e Giovan Giacomo Paleari Fratino sulle frontiere di Spagna», en M. SARTOR (ed.): *Omaggio agli Antonelli*, Actas del Primo Convengo Internazionale sull'architettura militare degli Antonelli da Gatteo (Gatteo, 3-5 de octubre de 2003). Udine, Forum Edizioni, 2004, pp. 219-262.
50. AGS, Guerra y Marina, leg. 623, f. 146.
51. AGS, Guerra y Marina, leg. 285, f. 315. Informe de Martín de Uzquiano, veedor y contador de la fortificación de Cádiz, de 29 de junio de 1590.
52. AGS, Guerra y Marina, leg. 298, f. 53. El Consejo de Guerra registra la carta de Juan de Acuña desde Cádiz el 6 de junio de 1590, y decide que Spannocchi debe ir a la ciudad. De la misma opinión era el obispo Antonio Zapata, que demandaba lo mismo.
53. AGS, Guerra y Marina, leg. 282, ff. 234, 235, 236. 18 de marzo de 1590.
54. AGS, Guerra y Marina, leg. 499, ff. 5, 6.
55. C. DE ROJAS, 1607, *op. cit.*, p. 332. «El terraplén ha de caer hacia la ciudad… y no hacer otra muralla real por dentro para sustentar el terraplén, y luego hacer una escalera para subir a los soldados al baluarte, como mandó un ingeniero muy fantástico que pensaba que en el mundo no había otro como él, y la falta que tuvo en esto fue no haber visto el pobre caballero jamás la guerra». En eso no dice la verdad, porque Spannocchi sí tenía experiencia de la guerra, pero en todo lo demás, coincide con las propuestas de Spannocchi para la ciudadela de Cádiz, y con su propia crítica a dicho proyecto.
56. AGS, Guerra y Marina, leg. 623, f. 146. 28 de diciembre de 1602.
57. *Ibidem*. No es el caso extenderse aquí en todas las consideraciones que hace Rojas sobre la construcción, pero este verdadero alegato contra el proyecto de Spannocchi constituye un excelente complemento al tratado que Rojas había publicado, para conocer los principios de la arquitectura militar que se manejaban en el cambio de siglo.
58. C. DE ROJAS: *op. cit.*, p. 269.
59. F. CRUZ ISIDORO: «El patrimonio artístico y los Guzmanes (1297-1645)», en J. RUBIALES TORREJÓN (coord.): *El río Guadalquivir. Del mar a la marisma. Sanlúcar de Barrameda,* vol. II. Sevilla, Junta de Andalucía, 2011, pp. 160-167. Citado en pp. 165 y 166.
60. E. DE MARIÁTEGUI: *op. cit.*, pp. 103 y 104.
61. Sobre las fortificaciones de Larache y La Mámora, F. J. BUENO SOTO: «Larache y La Mamora: dos fortificaciones españolas en tiempo de Felipe III». *Aldaba,* revista del centro asociado a la UNED de Melilla, nº 34, 2008, pp. 51-96. Sobre la entrada en Lisboa y los mensajes de las entradas triunfales de los monarcas españoles, A. CÁMARA: «La fiesta de corte y el arte efímero de la monarquía entre Felipe II y Felipe III», en *Las sociedades ibéricas y el mar a finales del siglo XVI. Tomo I. La Corte. Centro e imagen del poder*. Madrid, Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, 1998, pp. 67-90.
62. E. DE MARIÁTEGUI: *op. cit.*, p. 117.
63. Sobre este ingeniero, F. COBOS-GUERRA y J. J. DE CASTRO FERNÁNDEZ: «Los ingenieros, las experiencias y los escenarios de la arquitectura militar española en el siglo XVII», en A. CÁMARA: *Los ingenieros militares de la monarquía hispánica en los siglos XVII y XVIII*. Madrid, Ministerio de Defensa, Asociación Española de Amigos de los Castillos, Centro de Estudios Europa Hispánica, 2005, pp. 71-94.
64. E. DE MARIÁTEGUI: *op. cit.*, p. 116.
65. Sobre este y otros asuntos relativos a la actividad de Rojas, la tesis de S. TAKAYANAGUI: *Activities and Profession of Military Engineers of the Late 16th Century's Spain. Consideration from Carrier of Cristóbal de Rojas (1555?-1614)*. Tesis defendida en 2005, en japonés, de la que el autor tuvo la gentileza de mandarme un breve resumen en inglés.
66. C. DE ROJAS: *Compendio y breve resolucion..., op. cit.*, p. 248.
67. AGS, Guerra y Marina, leg. 228, f. 66.
68. AGS, *Guerra y Marina*, leg. 306, f. 129. Argumentaba que no había «en toda aquella comarca maestro más suficiente para acabar la dicha puente como conviene para perpetuidad della siendo como es edificio público y de mucha importancia adonde siempre a avido maestros muy suficientes en el arte de Cantería».
69. AGS, Guerra y Marina, leg. 599, f. 210. El duque de Medina Sidonia desde Sanlúcar el 24 de octubre de 1602.
70. C. DE ROJAS: *op. cit.*, p. 350.
71. E. DE LOS RÍOS MARTÍNEZ: «Los informes de Cristóbal de Rojas y Julio César Fontana para hacer un muelle y un puente sobre el río Guadalete en Jerez de la Frontera», *Laboratorio de Arte*, nº14, 2001, pp. 13-25. Ese proyecto tendría como finalidad unir con un canal navegable el Guadalete con el Guadalquivir, y sobre ello daría también su parecer Leonardo Turriano en 1624. A. CÁMARA: *op. cit.*, 2010, p. 73.
72. E. DE MARIÁTEGUI: *op. cit.*, pp. 127 a 129.
73. Aunque no tuvo el título de ingeniero, Vandelvira trabajó para el duque, y fue maestro mayor de las fortificaciones de Cádiz, abandonando a cambio la maestría de la Lonja de Sevilla y otras obras en esa ciudad. En 1607 era tan mala la situación económica de las fortificaciones de Cádiz que Rojas clamaba que Vandelvira era tan bueno que si hubiera estado en Roma habría que haberlo ido a buscar para trabajar en las fábricas de Cádiz, y que, ya que se le sacó de sus obras en Sevilla «no es justo que pague nuestros pecados viejos», aludiendo sin duda a la continua lucha por conseguir dinero para las fortificaciones de

la ciudad y bahía desde sus inicios. IHCM, *Colección Aparici*, tomo 6, leg. 683 de la sección Mar y Tierra. Al año siguiente, en 1608, fue nombrado maestro mayor de la ciudad, con un sueldo de 25 escudos al mes. IHCM, *Colección Aparici*, tomo 43, legs. 683 y 911 de la sección Mar y Tierra y libro 102 del Registro del Consejo. Sobre otras obras de Vandelvira en Cádiz, se puede ver H. SANCHO: «Los Vandelvira en Cádiz», *Archivo Español de Arte*, vol. 21, nos 81-84, pp. 43-54. Madrid, CSIC, 1948. La formación arquitectónica le llevaría también a la traza de retablos, F. CRUZ ISIDORO: «Alonso de Vandelvira (1544-1626): tracista de retablos», *Trocadero. Revista de Historia Moderna y Contemporánea*, nº 16, 2004, pp. 301-310.

74. J. M. PALENCIA CEREZO: «Un retrato de Luisa Francisca de Guzmán y Medina Sidonia atribuible a Alonso Cano», *Goya. Revista de Arte,* nº 343, abril-junio 2013, pp. 140-153, p. 141. Sobre esa iglesia y otras obras de Vandelvira para los duques, ver A. J. MORALES: «Alonso de Vandelvira y Juan de Oviedo en la iglesia de la Merced de Sanlúcar de Barrameda», *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología: BSAA*, nº 47, 1981, pp. 307-320.
75. SALAS ALMELA: *op. cit.*, 2009, p. 56.
76. M. P. PÉREZ GÓMEZ: «Residencia y poder: el palacio ducal de los Medina Sidonia en Sanlúcar de Barrameda», en V. MÍNGUEZ (ed.): *Las artes y la arquitectura del poder.* Castellón de la Plana, Universitat Jaume I, 2013; F. CRUZ ISIDORO: «Juan Pedro Livadote al servicio de la condesa de Niebla: el convento de Madre de Dios (1574-1576)», *Laboratorio de Arte*, nº 22, 2010, pp. 131-164; L. I. ÁLVAREZ DE TOLEDO: *El palacio de los Guzmanes*. Sanlúcar de Barrameda, Fundación Casa Medina Sidonia, 2003. Sobre las obras a su cargo en Madrid, A. CÁMARA: «Modelo urbano y obras en Madrid en el reinado de Felipe II», en Actas del Congreso Nacional *Madrid en el contexto de lo hispánico desde la época de los descubrimientos.* Madrid, Universidad Complutense, 1994, pp. 39-40. Sobre Livadote en Gibraltar llevando a cabo este encargo de visitar las torres de la costa de Andalucía, y en general sobre su labor en esas torres, AGS, Guerra y Marina, leg. 208, f. 57, leg. 209, f. 133, leg. 227, f. 168, leg. 234, ff. 208, 352 y 353.
77. E. DE MARIÁTEGUI: *op. cit.*, pp. 99 y 100.
78. «Dexó el ingles tan abrasada i consumida esta iglesia, que casi toda ella se á hecho de nuevo, i renovado las capillas, que antes eran once con dos colaterales que agora siven de crucero a la capilla mayor», A. DE HOROZCO: *Historia de la ciudad de Cádiz* (1598). Cádiz, Imprenta de don Manuel Bosch, 1845, p. 246.
79. A. DE CASTRO: *Historia de Cádiz y su provincia desde los remotos tiempos hasta 1814*. Cádiz, Imprenta de la Revista Médica, 1858, p. 418.
80. P. ANTÓN SOLÉ: «La catedral vieja de Santa Cruz de Cádiz. Estudio histórico artístico de su arquitectura», *Archivo Español de Arte*, t. XLVIII, nº 189, pp. 43-54. Madrid, CSIC, enero-marzo 1975, pp. 83-96.
81. Sobre la catedral vieja, el estudio más riguroso es el de J. CALVO LÓPEZ: «La catedral vieja de Cádiz a la luz de los documentos del Archivo de Simancas», en S. HUERTA (ed.): *Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid, Instituto Juan de Herrera, SEHC, COAC, COAATC, 2005, pp. 185-194.
82. J. B. SUÁREZ DE SALAZAR: *op. cit.*, p. 13.
83. AGS, Guerra y Marina, leg. 706, doc. 216.
84. AGS, Guerra y Marina, leg. 638, s. f. El informe del duque es del 4 de julio de 1604.
85. E. DE MARIÁTEGUI: *op. cit.*, p. 88.
86. A. DE ÁVILA HEREDIA: *Variedad con fruto*. Valencia, 1672. Dedicatoria, el autor les pone como ejemplos de expertos en matemáticas y milicia que escribieron tratados y fueron premiados con mercedes, aunque el máximo ejemplo que pone de ser favorecido por el rey es Tiburzio Spannocchi.

BIBLIOGRAFÍA

L. I. ÁLVAREZ DE TOLEDO: *El palacio de los Guzmanes*. Sanlúcar de Barrameda, Fundación Casa Medina Sidonia, 2003.

P. ANTÓN SOLÉ: «La catedral vieja de Santa Cruz de Cádiz. Estudio histórico artístico de su arquitectura». *Archivo Español de Arte*, t. XLVIII, nº 189, pp. 43-54. Madrid, CSIC, enero-marzo 1975, pp. 83-96.

A. DE ÁVILA HEREDIA: *Variedad con fruto*. Valencia, 1672.

B. BLASCO ESQUIVIAS: *Arquitectos y tracistas. El triunfo del Barroco en la corte de los Austrias*. Madrid, CEEH, Centro de Estudios Europa Hispánica, 2013.

F. J. BUENO SOTO: «Larache y La Mamora: dos fortificaciones españolas en tiempo de Felipe III». *Aldaba,* revista del centro asociado a la UNED de Melilla, nº 34, 2008, pp. 51-96.

A. BUSTAMANTE: *La octava maravilla del mundo (estudio histórico sobre El Escorial de Felipe II)*. Madrid, Editorial Alpuerto, 1994.

L. CABRERA DE CÓRDOBA: *Historia de Felipe II, rey de España.* Ed. de J. MARTÍNEZ MILLÁN y C. J. DE CARLOS MORALES, Salamanca, Junta de Castilla y León, 1998.

J. CALVO LÓPEZ: «Los trazados de cantería en la *Teórica y práctica de fortificación* de Cristóbal de Rojas», en F. BORES y OTROS (eds.): *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Universidad de A Coruña, CEHOPU, 1998.

J. CALVO LÓPEZ: *El manuscrito «Cerramientos y trazas de montea» de Ginés Martínez de Aranda*. Madrid, ETSAM, Universidad Politécnica de Madrid, 1999.

J. CALVO LÓPEZ: «La catedral vieja de Cádiz a la luz de los documentos del Archivo de Simancas», en S. HUERTA (ed.): *Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid, Instituto Juan de Herrera, SEHC, COAC, COAATC, 2005, pp. 185-194.

J. CALVO LÓPEZ y M. A. ALONSO-RODRÍGUEZ: «Perspective versus Stereotomy: From Quattrocento Plyhedral Rings yo Sixtennth-Century Spanish Torus Vaults», *Nexus Network Journal,* vol. 12, nº 1, 2010, pp. 75-111.

A. CÁMARA MUÑOZ: «Modelo urbano y obras en Madrid en el reinado de Felipe II», en Actas del Congreso Nacional *Madrid en el contexto de lo hispánico desde la época de los descubrimientos.* Madrid, Universidad Complutense, 1994, pp. 31-48.

A. CÁMARA MUÑOZ: «La búsqueda de una profesión. Giulio Lasso en Bretaña». Preámbulo al libro M. S. DI FEDE y F. SCADUTO: *I Quattro Canti di Palermo. Retorica e rappresentazione nella Sicilia del seicento*. Palermo, Edizioni Caracol, 2011, pp. 9-26.

A. CÁMARA MUÑOZ: «La fortificación: el imperio de la geometría», en H. O'DONNELL (dir.) y L. RIBOT (coord.): *Historia Militar de España. Edad Moderna, II. Escenario Europeo*. Madrid, Comisión Española de Historia Militar-Real Academia de la Historia, Ministerio de Defensa, 2013.

A. DE CASTRO: *Historia de Cádiz y su provincia desde los remotos tiempos hasta 1814*. Cádiz, Imprenta de la Revista Médica, 1858.

F. COBOS-GUERRA: «La formulación de los principios de la fortificación abaluartada en el siglo XVI. De la *Apología* de Escrivá (1538) al *Tratado* de Rojas (1598), en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e ingeniería en España. El Renacimiento*. Zaragoza, Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2004, pp. 401-438.

F. COBOS-GUERRA y J. J. DE CASTRO FERNÁNDEZ: «Los ingenieros, las experiencias y los escenarios de la arquitectura militar española en el siglo XVII», en A. CÁMARA: *Los ingenieros militares de la monarquía hispánica en los siglos XVII y XVIII*. Madrid, Ministerio de Defensa, Asociación Española de Amigos de los Castillos, Centro de Estudios Europa Hispánica, 2005, pp. 71-94.

F. CRUZ ISIDORO: «Alonso de Vandelvira (1544-1626): tracista de retablos». *Trocadero. Revista de Historia Moderna y Contemporánea*, nº 16, 2004, pp. 301-310.

F. CRUZ ISIDORO: «Juan Pedro Livadote al servicio de la condesa de Niebla: el convento de Madre de Dios (1574-1576)», *Laboratorio de Arte*, nº 22, 2010, pp. 131-164.

F. CRUZ ISIDORO: «El patrimonio artístico y los Guzmanes (1297-1645)», en J. RUBIALES TORREJÓN (coord.): *El río Guadalquivir. Del mar a la marisma. Sanlúcar de Barrameda,* vol. II. Sevilla, Junta de Andalucía, 2011, pp. 160-167.

M. ESTEBAN PIÑEIRO: «Instituciones para la formación de los técnicos», en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e ingeniería en España. El Renacimiento*. Zaragoza, Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2004, pp. 165-202.

C. J. HERNANDO SÁNCHEZ: «*Non sufficit orbis?* Las *estrategias* de la Monarquía de España», en H. O'DONNELL (dir.) y L. RIBOT (coord.): *Historia Militar de España. Edad Moderna, II. Escenario Europeo*. Madrid, Comisión Española de Historia Militar-Real Academia de la Historia, Ministerio de Defensa, 2013, pp. 29-78.

A. DE HOROZCO: *Historia de la ciudad de Cádiz* (1598). Cádiz, Imprenta de don Manuel Bosch, 1845.

E. DE MARIÁTEGUI: *El Capitán Cristóbal de Rojas, Ingeniero Militar del Siglo XVI* (Madrid, 1880). Madrid, CEDEX-CEHOPU, 1985.

A. J. MORALES: «Alonso de Vandelvira y Juan de Oviedo en la iglesia de la Merced de Sanlúcar de Barrameda», *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología: BSAA*, nº 47, 1981, pp. 307-320.

J. C. PALACIOS: *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español.* Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1990.

J. M. PALENCIA CEREZO: «Un retrato de Luisa Francisca de Guzmán y Medina Sidonia atribuible a Alonso Cano». *Goya. Revista de Arte*, nº 343, abril-junio 2013, pp. 140-153.

M. P. PÉREZ GÓMEZ: «Residencia y poder: el palacio ducal de los Medina Sidonia en Sanlúcar de Barrameda», en V. MÍNGUEZ (ed.): *Las artes y la arquitectura del poder.* Castellón de la Plana, Universitat Jaume I, 2013.

E. DE LOS RÍOS MARTÍNEZ: «Los informes de Cristóbal de Rojas y Julio César Fontana para hacer un muelle y un puente sobre el río Guadalete en Jerez de la Frontera», *Laboratorio de Arte*, nº 14, 2001, pp. 13-25.

C. DE ROJAS: *Teorica y practica de fortificacion, conforme las medidas y defensas destos tiempos*. Madrid, Luis Sánchez, 1598, en C. DE ROJAS: *Tres tratados sobre fortificación y milicia*. Madrid, CEDEX-CEHOPU, 1985.

C. DE ROJAS: *Compendio y breve resolucion de fortificacion, conforme a los tiempos presentes*. Madrid, Juan de Herrera, 1613, en C. DE ROJAS: *Tres tratados sobre fortificación y milicia*. Madrid, CEDEX-CEHOPU, 1985.

C. DE ROJAS: *Sumario de la milicia antigua y moderna* (Ms. 1607), en C. DE ROJAS: *Tres tratados sobre fortificación y milicia*. Madrid, CEDEX-CEHOPU, 1985.

L. SALAS ALMELA: *Medina Sidonia: el poder de la aristocracia, 1580-1670*. Madrid, Marcial Pons, 2009.

H. SANCHO: «Los Vandelvira en Cádiz», *Archivo Español de Arte*, vol. 21, nos 81-84, pp. 43-54. Madrid, CSIC, 1948.

J. B. SUÁREZ DE SALAZAR: *Grandezas y Antigüedades de la isla y ciudad de Cádiz, en que se escriben muchas ceremonias que usava la Gentilidad, Varias costumbres antiguas, Ritos funerales con monedas, estatuas, piedras, y sepulcros antiguos: ilustrado de varia erudición, y todas buenas letras. Por Ioan Baptista Suarez de Salazar Racionero de la Santa Iglesia de Cádiz. Dirigido al illustrissimo Cardenal don Antonio Çapata*. Cádiz, Clemente Hidalgo, 1610.

S. TAKAYANAGUI: *Activities and Profession of Military Engineers of the Late 16th Century's Spain. Consideration from Carrier of Cristóbal de Rojas (1555?-1614)*. Tesis doctoral. Tokio, 2005.

S. TAKAYANAGUI: «Actividades de Cristóbal de Rojas en la expedición a Bretaña (Francia). Fortificación durante el periodo de la intervención militar de Felipe II en la guerra civil de Francia. Construcción del fuerte de Blavet y del León». *Castillos de España,* revista de la Asociación Española de Amigos de los Castillos, nº 144, 2006, pp. 31-43.

V. TOVAR MARTÍN: «El palacio del duque de Uceda en Madrid, edificio capital del siglo XVII», *Reales Sitios,* revista de Patrimonio Nacional, nº 64, 1980.

Volver al índice

OTRAS PUBLICACIONES DE LA FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

2013

CHACÓN BULNES, Juan Ignacio. *Submarino Peral: día a día de su construcción, funcionamiento y pruebas.*

2012

AGUILAR CIVERA, Inmaculada. *El discurso del Ingeniero en el siglo* XIX. *Aportaciones a la Historia de las OOPP.*

CRESPO, Daniel. *Árboles para una capital. Árboles en el Madrid de la Ilustración.*

2011

SÁNCHEZ DEL RÍO, Ildefonso. *El ingenio de un legado.*

2010

CÁMARA, ALICIA. *Leonardo Turriano, ingeniero del rey.*

VV.AA. *Félix Candela. La conquista de la esbeltez.*

2009

CÓRDOBA DE LA LLAVE, Ricardo. *Ciencia y técnica monetarias en la España bajomedieval.*

NAVARRO VERA, José Ramón. *Pensar la ingeniería. Antología de textos de José Antonio Fernández Ordóñez.*

2008

RICART CABÚS, Alejandro. *Pirámides y obeliscos. Transporte y construcción: una hipótesis.*

VV.AA. *Ars Mechanicae. Ingeniería medieval en España.*

2006

MURRAY FANTON, Glenn; IZAGA REINER, José María, y SOLER VALENCIA, Jorge Miguel. *El real ingenio de la moneda de Segovia. Maravilla tecnológica del siglo* XVI.

2005

GONZÁLEZ TASCÓN, Ignacio, y VELÁZQUEZ, Isabel. *Ingeniería romana en Hispania. Historia y técnicas constructivas.*

2001

NAVARRO VERA, José Ramón. *El puente moderno en España (1850-1950). La cultura técnica y estética de los ingenieros.*

1997

DEL CAMPO, Ángel. *Semblanza iconográfica de Juanelo Turriano.*

1996/2009

Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano.

1995

MORENO, Roberto. *José Rodríguez de Losada. Vida y obra.*

Volver al índice

En este libro se publican las conferencias impartidas en el curso celebrado en 2013 en el Centro Asociado de la UNED de Segovia, fruto de la colaboración entre la Universidad y la Fundación Juanelo Turriano. *Ingenieros del Renacimiento* supone la segunda entrega de una colección iniciada en 2012 con *Ingeniería Romana* y que recogerá las lecciones impartidas por reconocidos especialistas en dichos cursos, a celebrar anualmente.

Con esta publicación se pretende analizar la decisiva contribución de los ingenieros a la formación del territorio y el saber moderno durante el Renacimiento. A través del análisis de la obra de significativos ingenieros del Renacimiento vinculados con la Monarquía Hispánica, este libro muestra cómo se convirtieron en los profesionales más estimados por los gobernantes, levantando fortificaciones, proyectando canalizaciones de ríos, ideando ingenios y máquinas, escribiendo tratados o viajando para describir territorios y ciudades.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO